

14



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

297110

La Importancia del Estudio del Impacto sobre el Medio
Ambiente en la Evaluación de Proyectos



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN MATEMATICAS
APLICADAS Y COMPUTACION
P R E S E N T A:
OSCAR GUILLERMO FRIAS SALAZAR

ASESOR DE TESIS: JOSE DE JESUS OLIVARES PRADO

MEXICO, D. F.

2001





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.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: *José Luis Frias Herrera y Victoria Salazar Reynoso*, quienes supieron guiarme por el camino del aprendizaje. A ellos, que siempre me apoyaron y respaldaron, les dedico este trabajo de tesis.

Para mis hermanos y familiares: *Laura, José Luis, Víctor, Miriam, Cristina, Vianey, Carmen, José Luis, Jorge, Isabel, Egeny, Mariel, Luis, Lorena, Jazmin, Ilse, Miriam y Carel*. Este trabajo también es de ustedes, ya que gracias a su cariño y comprensión, pude llegar hasta aquí.

A mis amigos: los de la infancia, aquellos con los que descubrí el mundo y por supuesto con ustedes MAC 92-96.

*Me celebro y me canto a mi mismo.
Y lo que yo diga ahora de mi, lo digo de ti,
porque lo que yo tengo lo tienes tú
y cada átomo de mi cuerpo es tuyo también.*

*Sé cual es su misión y no lo olvidare;
que nadie lo olvide.
Pero ahora yo ofrezco mi pecho lo mismo al bien que
al mal,
dejo de hablar a todos sin restricción,
y abro de par en par las puertas a la energía original
de la naturaleza desenfrenada.*

WALT WHITMAN

Indice	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	4
ANTECEDENTES	
1.1 Conceptos Básicos.	4
1.1.1 Conceptos Básicos	4
1.1.2 Evaluación de Proyectos	5
1.2 Clasificación de Proyectos	5
1.3 Etapas Anteriores a la Presentación de un Proyecto	6
1.4 Evolución de las Metodologías de Evaluación	6
1.5 Presentación de Proyectos	8
1.5.1 Descripción Sumaria del Proyecto	8
1.5.2 Estudio de Mercado	8
1.5.3 Estudio Técnico	10
1.5.4 Estudio Financiero	11
1.5.5 Evaluación Económica Financiera	11
1.5.6 Estudio de Impacto Ambiental	12
1.5.7 Plan de Ejecución	12
CAPITULO II	14
MÉTODOS PARA LA EVALUACION FINANCIERA DE PROYECTOS	
2.1 Métodos Bajo Certeza	14
2.1.1 Interés Simple e Interés Compuesto	15
2.1.2 Valor Anual Equivalente (VAE)	15
2.1.3 Valor Presente Neto (VPN)	16
2.1.4 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)	16
2.2 Métodos Bajo Incertidumbre	17
2.2.1 Métodos Tradicionales	18
2.2.1.1 Criterio de Wald	18
2.2.1.2 Criterio de Hurwicz	18
2.2.1.3 Criterio de Laplace	18
2.2.1.4 Criterio de Savage	18
2.2.1.5 Árboles de decisión	19
2.2.2 Métodos Avanzados y Análisis de Riesgo	19
2.2.2.1 Análisis de Riesgo	19
2.2.2.2 Simulación	20
CAPITULO III	21
IMPACTO AMBIENTAL EN LOS PROYECTOS	
3.1 Antecedentes	21
3.1.1 Problemática ambiental	21
3.2 Desarrollo Sustentable	24
3.3 Relación entre Economía y Medio Ambiente	26
3.3.1 El Papel de la Economía Ambiental	26
3.3.2 Acontecimientos Recientes	27
3.3.3 Evaluación Convencional de Proyectos	28
3.4 La Incorporación de Impacto Ambiental en el Proceso de Evaluar	28
3.4.1 Valoración Económica del Medio Ambiente	28
3.4.2 Valoración de Costos y Beneficios Ambientales	29

CAPITULO IV	33
METODOLOGIA PARA LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL	33
4.1 Definición en las Evaluaciones de Impacto Ambiental	35
4.1.1 Tipos de Evaluación	35
4.1.2 Estudios Parciales	35
4.2 Factores Ambientales	35
4.3 Relación de Proyectos que Requieren (EIA)	37
4.4 Principios y Procedimientos para la Realización de los (EIA)	39
4.5 Metodologías	40
4.5.1 Proyectos con Impactos pequeños	40
4.5.2 Proyectos de Grandes Impactos	41
4.6 Los Métodos	41
4.6.1 Métodos de Identificación	43
4.6.1.1 Método de Leopold	43
4.6.2 Métodos de Predicción	45
4.6.2.1 Modelos de Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera	45
4.6.2.2 Revisión del Grado de Eutrofia	48
4.6.2.3 Método de balance Hídrico	48
4.6.2.4 Método de Balance de Energía	49
4.6.3 Métodos de Interpretación	49
4.6.3.1 Sistema de Battelle	50
4.6.3.2 Sistema de Evaluación por Coberturas	52
4.6.3.3 Condiciones Ambientales del Banco Mundial	53
4.7 Marco Legal e Institucional	55
CAPITULO V	56
APLICACION PRACTICA DE UN PROYECTO "EL EIA DE LA C. T. LERDO, DURANGO"	56
5.1 Descripción del Proyecto	56
5.1.1 Consideraciones Generales	56
5.1.2 Objetivos y Justificación del Proyecto	59
5.1.3 Alternativas de Ubicación del Proyecto	59
5.1.4 Proyectos Asociados	59
5.1.5 Ubicación del Sitio y Áreas de Influencia	60
5.1.6 Etapas de Ejecución del Proyecto	60
5.1.6.1 Planeación	60
5.1.6.2 Preparación del Sitio y Construcción	64
5.1.6.3 Operación y Mantenimiento	66
5.2 Descripción del Escenario Ambiental antes de la Realización del Proyecto "Estadio Cero"	71
5.2.1 Consideraciones Generales	71
5.2.2 Medio Natural	71
5.2.2.1 Factor Aire	71
5.2.2.2 Factor Clima	71
5.2.2.3 Factor Agua	71
5.2.2.4 Geología	75
5.2.2.5 Factor Suelo	75
5.2.2.6 Vegetación	80
5.2.2.7 Fauna	80
5.2.3 Medio Socioeconómico	83
5.2.3.1 Aspectos Socioeconómicos	83
5.2.3.2 Aspectos Económicos Regional y Subregional	85

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

5.2.3.3	Calidad de Vida	85
5.2.3.4	Aspectos Históricos, Antropológicos, Arqueológicos, Étnicos y Estéticos	85
5.3	Estudio y Determinación de la Calidad de los Factores Ambientales	88
5.3.1	Consideraciones Generales	88
5.3.2	Estudio y Determinación de la Calidad del Aire	88
5.3.3	Estudio y Determinación de la Calidad del Agua	91
5.3.4	Estudio y Determinación de la Calidad del Suelo	93
5.3.5	Interacción del Proyecto con los Factores Ambientales	93
5.4	Determinación de los Métodos para el Análisis de Impactos Ambientales	95
5.4.1	Identificación de Impactos Ambientales	95
5.4.2	Descripción de Impactos	96
5.4.2.1	Etapas de Preparación del Sitio	96
5.4.2.2	Etapas de Construcción	98
5.4.2.3	Etapas de Operación y Mantenimiento	100
5.4.3	Evaluación de Impacto Ambiental	101
5.5	Medidas de Mitigación para los Impactos Adversos	103
5.5.1	Conclusiones Generales	103
5.5.2	Factor Aire	103
5.5.3	Factor Agua	103
5.5.4	Factor Suelo	104
5.6	Estudio Tradicional de Evaluación de Proyectos de Inversión	106
ANEXO 1 Estudio de la Difusión Atmosférica de los Gases Emitidos por La C. T. Lerdo, Durango		119
ANEXO 2 Estudio de Comprobación para la Difusión de Emisiones Atmosféricas de la C. T. Lerdo, Durango		125
CONCLUSIONES		136
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		138
BIBLIOGRAFIA		140

INTRODUCCION

El ambiente es patrimonio natural y cultural cuya protección, conservación y recuperación tienen como fin primordial mejorar la calidad de vida de toda la población.

Por ello, es necesaria una educación ambiental que contribuya a orientar a las personas en el desarrollo de actividades que se manifiesten a lo largo de sus vidas en favor de la conservación del medio ambiente.

En nuestro país existe una gran variedad de fenómenos de diversas naturalezas que invariablemente influyen en la distribución y abundancia de los recursos naturales.

En los últimos quince años, el tema ambiental ha sido objeto de particular interés, explicándose fundamentalmente por el desarrollo científico y tecnológico en el ámbito mundial y por el creciente deterioro biótico.

Las evaluaciones sobre impacto ambiental surgen de la necesidad de resolver el problema creciente y alarmante del deterioro ambiental. En un inicio su estudio se concentró principalmente en el problema de la contaminación.

Hoy en día la gran mayoría de los países del mundo, pretende introducir la variable ambiental en los programas de desarrollo considerando dos componentes principales del medio ambiente: el natural y el social.

De acuerdo con mi hipótesis, la incorporación de los valores ambientales a la evaluación de proyectos, no solo mejora la selección de proyectos y la toma de decisiones sino también se tiene una visión más exacta del funcionamiento de la economía. Entonces, el objetivo principal de esta tesis consiste en ilustrar, aunque sea de manera muy esquemática, la aplicación de un estudio de impacto ambiental en el proceso de evaluación de proyectos. Pretendo demostrar la relevancia práctica de una serie de técnicas y conceptos considerados a menudo como abstractas, analizando conceptos y técnicas de valoración que se utilizan en los análisis costo - beneficio convencionales. Por ello, en esta tesis no se encontrará un estudio detallado de los métodos de evaluación: se trata más bien de dar una idea general de la problemática generada al no tener en cuenta un estudio ambiental y de las herramientas con que se hace tal estudio. Además, esta tesis trata de enfatizar la importancia que tiene la economía ambiental para incorporar consideraciones ecológicas en la toma de decisiones, como una etapa para el desarrollo del país.

El primer capítulo es el sustento conceptual que se ocupa de enmarcar la forma de presentación y la metodología de los proyectos, sugiriendo y permitiendo identificar los problemas técnicos, económicos, financieros, administrativos, sociales y ambientales, que hayan tenido que resolverse.

En la actualidad toman relevancia los problemas ambientales, por ello, México requiere de una estrategia nacional para aprovechar y preservar sus recursos, apoyándose en su propia infraestructura, recursos humanos y métodos de evaluación que permitan la creación de una estrategia futura, y a su vez un desarrollo sustentable.

El propósito del segundo capítulo es mostrar un panorama completo de la estructura de los métodos de evaluación financiera de proyectos, sus principales usos y sus significados, describiendo las principales características de los mismos. Su aplicación en este trabajo se debe a que son los más utilizados en el análisis económico y financiero.

En los últimos tiempos, el medio ambiente a pasado a ser un importante motivo de preocupación mundial. El incremento general de las actividades económicas en casi todas las categorías, paralelas a las necesidades presentes y futuras del país, junto con el incremento de la población ha dado paso al establecimiento del nuevo enfoque de desarrollo económico sustentable el cual

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

pretende mejorar la calidad de vida mediante la aplicación de una economía humana respetuosa de los recursos naturales, permitiendo su conservación como patrimonio de la humanidad.

Por tal motivo el tercer capítulo IMPACTO AMBIENTAL EN LOS PROYECTOS, destaca la importancia de desarrollar una educación ambiental en todos los sectores económicos y para todos los niveles sociales.

Existe una relación estrecha entre la economía y el medio ambiente. La primera se sirve de los recursos naturales para sus fines de producción y de consumo, es por ello que se vuelve necesario considerar un estudio de impacto ambiental como un factor determinante en la evaluación de proyectos y en la aplicación de dichos proyectos para la toma de decisiones en las diferentes áreas de la actividad económica

Los avances tecnológicos y científicos han tenido una enorme influencia sobre la investigación ambiental, la manera de planificarla y ejecutarla, y sobre el desarrollo de prácticas cada vez más precisas y sofisticadas para la medición continua de los impactos ambientales.

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en alguno de sus componentes. La variable fundamental en estos estudios es la cuantificación de esa alteración.

El capítulo cuarto se ocupa de señalar los tipos de evaluación más comunes, estudios paralelos y factores ambientales o requerimientos de impactos ambientales. Que plantean la cuestión de los efectos a largo plazo sobre los ecosistemas naturales, que son parte de la biosfera y de la existencia del hombre.

En nuestro país es innegable que la evaluación de impactos ambientales no ha sido suficientemente integrada a las políticas de desarrollo que influyen directamente en las demandas de la sociedad (como son energía eléctrica, agua potable, servicios médicos, educación, etc.).

También se hace patente la falta de coordinación entre los diferentes sectores, la escasa participación de dependencias productoras y usuarias de información para la realización de un esfuerzo común para obtener mejores resultados y conformar planes de estudios ambientales eficientes, no sólo en los proyectos iniciales, si no en proyectos ya emprendidos, de cobertura nacional y así evitar pérdidas económicas, naturales, culturales y sociales.

Se debe impulsar el interés hacia las distintas instituciones y dependencias del gobierno para aprovechar y conservar de una manera racional los recursos naturales, y determinar, en plazos inmediatos, la sensibilidad de esos recursos respecto a las intervenciones humanas, con el propósito de plantear las opciones técnicas de los proyectos, para el uso y conservación de los recursos.

Las múltiples actividades que realiza el hombre para obtener mayores beneficios y mejorar sus condiciones de vida provocan efectos favorables para el hombre pero también adversos para el medio ambiente.

Parte de estas actividades se llevan a cabo mediante proyectos de desarrollo, para los cuales es posible prever los efectos que su implantación ocasionará, en determinada zona, mediante un estudio de impacto ambiental.

La manifestación de impacto ambiental consiste en una serie de pasos ordenados y durante la cual se genera y se procesa, sistemáticamente, una gran cantidad de información inherente al plan o proyecto del área donde pretende desarrollarse.

Para la aplicación práctica del proyecto C.T. Lerdo, se determinó inicialmente el objetivo principal del mismo el cual consiste en mejorar y ampliar la generación de energía eléctrica en la zona norte

del país evitando la menor pérdida posible de los recursos naturales. Para ello, se analizaron las posibles tecnologías con que se contaba para su realización. Se tomaron en cuenta las características del ambiente existentes en el área de influencia de cada etapa del proyecto para determinar las acciones y opciones a realizar durante la construcción y operación de éste. Finalmente se analizó el costo beneficio, la influencia que cada una de las opciones tendría en el ambiente y se diseñaron medidas para atenuar los impactos adversos del proyecto definitivo. Todo lo cual nos lleva a la creación de un intento por mejorar las condiciones ambientales existentes y plantear las políticas y/o estrategias necesarias para el sostenimiento de los impactos benéficos que puede producir el proyecto.

En este contexto, ajustándose a la metodología general para la evaluación de impactos ambientales este trabajo presenta en el capítulo cinco la aplicación práctica de un proyecto de evaluación manifiesto de impacto ambiental (Central Termoeléctrica Lerdo, Durango) propiedad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y el desarrollo de la aplicación de este, elaborando la descripción de diversas etapas del proyecto, su interacción con el medio natural, con el medio social y con el medio económico, sus posibles impactos significativos y las respectivas medidas de mitigación para ellos.

Derrames de Petróleo en los mares de Tampico, Veracruz y Tabasco. Incendios que por una mala elección de sitios, han provocado pérdidas que afectan al medio ambiente y al hombre mismo, dejándose ver así en las explosiones de San Juan Ixhuatepec, en los gasoductos de Jalisco y Refinerías en Salina Cruz.

Inundaciones provocadas por Presas mal ubicadas o malamente construidas, han destruido grandes hectáreas de cultivo productivo, flora y fauna, especies en extinción, también han generado la emigración de la gente del campo a otras tierras que no son propicias para el cultivo, degradando el suelo; han incrementado el desempleo, la pobreza y la inseguridad.

La gran cantidad de desastres producidos por el hombre en proyectos no evaluados en términos ambientales como los anteriores fueron lo que hizo nacer en el autor de esta tesis la primera inquietud por el tema.

Debido a que la investigación ambiental es un problema intersectorial complejo, se menciona cuáles son las instituciones responsables de exigir evaluaciones ambientales, creando beneficios a los propios usuarios. Se analizaron los tipos de valoraciones de elementos ambientales y las distintas medidas de mitigación de problemas adversos y emisión de gases, proponiendo la utilización de una metodología cara pero justificablemente redituable.

Finalmente se describió el modelo matemático desarrollado para la simulación de dispersión de contaminantes emitidos por la chimenea de la Central Termoeléctrica ubicada en Lerdo Durango.

Presentando la descripción de la simulación física, así como sus bases matemáticas del modelo desarrollado que la describe. Sobresaliendo la determinación de los niveles de contaminación ocasionados por la emisión de gases de la chimenea. Y que conforme a la información proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, se explica todos los datos de propiedades termodinámicas y el manejo de modelos que determinan los niveles de contaminación a nivel de piso alrededor de la chimenea a lo largo de la dirección del viento.

Lamentablemente, la evaluación de impacto ambiental no ha sido debidamente reconocida y apoyada, ya sea por ignorancia, o por la generalizada falta de educación ambiental tanto en nuestro país como en el resto del continente. Sin embargo, las instituciones y dependencias empiezan a hacer esfuerzos para crear una educación ambiental básica que debe ser consolidada, mantenida y estimulada, que promueva el correcto uso del medio en que vivimos, procurando la conservación de este y que, sobre todo, contribuya al desarrollo integral del país.

CAPITULO I ANTECEDENTES

1.1 Aspectos y Conceptos Generales

Es claro que el desarrollo económico no se debe dejar abandonado al juego espontaneo de las fuerzas de la economía, en México como en la mayoría de los países poco desarrollados, requiere de un esfuerzo, orientado a obtener un crecimiento más activo en beneficio de la población.

Este esfuerzo implica la necesidad de abordar el problema de desarrollo económico, en lo general y en lo particular. Dentro de este campo de investigación y estudio se encuentran las técnicas de programación global y sectorial, así como, la preparación y evaluación de proyectos generales e individuales de inversión.

Es importante que la gente indicada en la toma de decisiones reconozca que los proyectos están siempre relacionados con una apreciación de la economía. Cuando se decide invertir capitales en determinado elemento, se toman supuestos acerca del desarrollo económico de la zona o estado correspondiente.

Muy a menudo las empresas y el mismo gobierno elaboran proyectos con una simple apreciación superficial y casi intuitiva del conjunto de la economía, y muchas veces se realizan proyectos de la más diversa índole sin haber cumplido los requisitos de estudio y análisis.

Mientras más a fondo se analice la relación entre el proyecto y el resto de la economía, y se perfeccione la calidad de los estudios del propio proyecto, menor será el riesgo de fracasar o de incurrir en los innecesarios costos sociales a que conducen las iniciativas mal evaluadas.

Según se ha visto, hay dos direcciones para orientar la ejecución de los proyectos:

1. Sector Público; asignación de los recursos necesarios para financiar determinados proyectos
2. Sector Privado; adopción de medidas concretas que lleven a los empresarios a orientar sus recursos hacia los fines deseados, conforme al programa. Aquí es donde mejor se destaca el papel que desempeña el estudio y análisis de los proyectos en la programación, así como las relaciones que hay entre proyecto y programa.

1.1.1 Conceptos Básicos

Proyecto: Desde el punto de vista económico, es proponer la producción de algún bien o la prestación de un servicio, con el empleo de una cierta técnica y obtener un determinado resultado o ventaja económica o social.

Carácter de un proyecto: Refiriéndose al proyecto considerado como económico o social. Será de carácter económico si la decisión final sobre su realización se hace con base en una demanda capaz de pagar el precio del bien o servicio que el proyecto produzca. Será de carácter social si el precio o una parte de él será pagado por la comunidad, a través de impuestos, subsidios etc.

Naturaleza de un proyecto: Los proyectos pueden ser de instalación de un conjunto integrado de bienes de producción, o pueden ser de operación, uso de factores de producción, o combinación de las dos formas.

Desarrollo económico y social: Se puede decir que este concepto está presente en las características siguientes:

- Crecimiento rápido y sostenido del producto interno bruto (PIB) por habitante. Elevación generalizada de los niveles de consumo y bienestar, verificados a través de índices de educación, salud, nutrición, esparcimiento y participación social.
- Cambios institucionales tendientes a eliminar los obstáculos sociopolíticos al propio desarrollo.
- Reducción de la vulnerabilidad de la economía ante las fluctuaciones del sector externo.

Tipo de proyecto: Es lo que define, dentro de cada categoría, los proyectos específicos, por ejemplo, la fabricación de calzado, esta en la categoría de producción industrial, así mismo en la producción de bienes.

Evaluación de proyectos: Consiste en analizar las acciones propuestas en el proyecto, conforme a un conjunto de criterios. Este análisis estará dirigido a verificar la viabilidad de estas acciones y a comparar los resultados - sus productos y sus efectos - con los recursos necesarios para alcanzarlos. Esta comparación se hace a través de indicadores que expresan cuantitativamente los recursos utilizados por unidad de producto.

Algunos términos son más específicos dentro de la evaluación de proyectos que al paso de este trabajo se precisara el sentido con que se emplean.

1.1.2 Evaluación de Proyectos

La tarea primordial de la evaluación de proyectos es contribuir a que los recursos disponibles sean asignados, entre los distintos usos posibles, al que rinda el máximo de beneficios. Quienes deben decidir preferencias entre proyectos de inversión abordan el problema directamente y cuando recomiendan un determinado proyecto afirman en realidad que ciertos recursos se deben asignar a un uso determinado.

Para hacer tal tipo de recomendación se necesita disponer de algún patrón o método que permita demostrar que el destino dado a los recursos empleados será el óptimo. La evaluación de proyectos consiste precisamente en seleccionar y aplicar tales patrones o métodos a los proyectos sujetos a análisis. Así pues, la evaluación económica consiste en comparar las posibilidades de uso de los recursos representados por los proyectos de inversión; los distintos criterios de evaluación derivan de la forma de definir los beneficios y de la selección que se haga entre los distintos patrones y métodos de cálculo. Estos criterios se pueden expresar en forma de coeficientes numéricos, y se suele ordenarlos de modo que mientras más alto sea su valor numérico, sea mejor su posición en la escala de preferencia.

Por último la tarea de evaluar requiere medir objetivamente ciertas magnitudes resultantes del estudio del proyecto y combinarlas en operaciones aritméticas a fin de obtener los coeficientes de evaluación.

1.2 Clasificación de los Proyectos

Desde el punto de vista económico, la clasificación de los proyectos de producción de bienes y de prestación de servicios corresponde a la división de la economía en sectores de producción. Este enfoque sectorial permite clasificar los proyectos en agropecuarios, industriales, de infraestructura social, de infraestructura económica y de servicios.

Los proyectos agropecuarios abarcan todo el campo de la producción animal y vegetal. Las actividades forestales y pesqueras se consideran a veces como industriales. Los proyectos de riego, colonización y reforma agraria pueden clasificarse como proyectos de infraestructura. Los proyectos industriales comprenden toda actividad manufacturera, la industria extractiva y el procesamiento de productos extractivos, de la pesca, de la agricultura y de la actividad pecuaria.

Los proyectos de infraestructura social tienen la función de atender necesidades básicas de la población, como salud, educación, abastecimiento de agua, redes de alcantarillado y vivienda. Los proyectos de infraestructura económica son proyectos que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios, de utilidad general, tales como la energía eléctrica, transporte y comunicaciones.

Los proyectos de servicios son aquellos cuyo propósito no es producir bienes materiales, sino prestar servicios de carácter personal, material o técnico, ya sea mediante el ejercicio personal o a través de instituciones, así como, trabajos de investigación tecnológica o científica.

1.3 Etapas Anteriores a la Presentación de un Proyecto

La finalidad del proyecto, es aportar elementos de juicio para tomar decisiones sobre su ejecución o el apoyo para su realización. Para ello deben analizarse problemas técnicos, económicos, financieros, administrativos o institucionales. Estos diversos aspectos se correlacionan en cada estudio parcial que compone la justificación del proyecto. Al llegar al anteproyecto definitivo, requiere haber pasado, implícita o explícitamente, formalmente o no, dos etapas previas.

La primera corresponde a la identificación de la idea. Se trata de reconocer, basándose en la información existente e inmediatamente disponible, si hay o no alguna razón bien fundada para rechazar la idea del proyecto. En esta primera etapa se trata de definir y delimitar la idea del proyecto, identificando sus posibles soluciones y alternativas, técnicas y económicas.¹

La segunda etapa constituye el anteproyecto preliminar o estudio previo de factibilidad.² Se trata de verificar que por lo menos una de las alternativas de solución es rentable, además de ser técnica y económicamente viable. Esta etapa ya exige datos más exactos sobre las distintas alternativas planteadas, para su rentabilidad y viabilidad.

Al probarse que existe por lo menos una solución viable y rentable, puede justificarse la decisión de profundizar los estudios. Esta profundización corresponde a la tercera etapa -anteproyecto definitivo- en la cual se precisan los elementos y formas de inversión. A esta etapa también se le suele llamar estudio de factibilidad.

En las etapas de preparación de proyectos, los antecedentes que son recogidos y analizados demostrando su viabilidad técnica, económica, financiera, administrativa e institucional. A medida que las etapas se complementan el análisis de los problemas se van agrupando de modo más definido y al llegar al anteproyecto definitivo, hay que reunir los temas y problemas que deben resolverse en la toma de decisión de la inversión, de acuerdo a un esquema o metodología de presentación.

1.4 Evolución de las Metodologías de Evaluación

A lo largo del tiempo el concepto de "Proyecto" ha evolucionado, en particular en las últimas tres décadas, como consecuencia de organizar procesos sistemáticos de planificación de desarrollo y de implementación de programas.

¹ Se denomina *soluciones* "aquellas formas o caminos para obtener un resultado partiendo de condiciones iniciales que sean significativamente distintas". Se considera como *alternativas* "los diversos procedimientos para obtener un determinado producto a partir de condiciones similares iniciales". Véase *Notas sobre formulación de proyectos, op. cit.*, p. 26.

² La expresión "estudio de prefactibilidad" comúnmente usada parece inadecuada, resultado quizá de una mala traducción del idioma inglés (prefeasibility study).

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

Con la conclusión de la Segunda Guerra Mundial, se inició el nuevo concepto de proyecto, haciéndolo básico tanto en el plano técnico como en el plano operativo, constituyéndose así los programas de nivel sectorial y regional y los planes de desarrollo globales.

En sus inicios (a finales de la década de los 40's y principios de la década de los 50's), los proyectos eran monolíticos y orientados al área de la ingeniería.

Después se le agregaron estimaciones financieras de costos e ingresos, particularmente con motivo de las grandes obras públicas de infraestructura económica, que comenzaron en la década de los 50's. Por ejemplo, Proyectos de Energía Eléctrica y Proyectos de Transporte.

Con frecuencia el proyecto se enfocaba a la construcción de algo nuevo, muy específico y casi una unidad en sí mismo, como por ejemplo un plan Hidrológico, una carretera nueva, una fábrica con nueva planta. O bien, el proyecto podría tener por objeto la ampliación o mejora de instalaciones ya existentes; tales como la adición de un Generador en una Central Eléctrica o la repavimentación de una carretera en uso.

Sin embargo, en ambos casos el objeto primordial y exclusivo, del proyecto, era la introducción de obras o bienes materiales a la economía.

La participación de agencias financieras internacionales y bilaterales en el financiamiento de proyectos contribuyó a la sistematización de procesos de preparación y evaluación ex ante de los proyectos. Conformando, en su etapa final el "Análisis de la Factibilidad Tecno - Económica de los Proyectos". Cabe destacar la gran aportación que generaron las investigaciones teóricas y científicas de destacados personajes y socios de la ONU, que plasmaron en varios documentos sus ideas y conocimientos para la globalización de las metodologías

El perseguir estos propósitos ha llevado a numerosos perfeccionamientos en las técnicas de análisis económico, pasándose a la llamada "evaluación social", e incorporando elementos que permitan situar correctamente al proyecto en el marco macroeconómico, y de los objetivos sectoriales de desarrollo de cada país.

En la década de los 60's el concepto de proyecto ya se había ampliado, empezaron a aumentar el número de sectores beneficiados por los préstamos de las agencias financieras. Por ejemplo, se financiaron sectores como la agricultura, educación, planificación familiar y demográfica, turismo, telecomunicaciones y abastecimiento de agua potable, además de los sectores ya establecidos de energía eléctrica, transporte e industria. Esta expansión revolucionó el concepto de proyecto, por que éstos préstamos a los nuevos sectores, en especial a los que tienen que ver con lo social se introdujeron nuevas y diversas consideraciones en la elaboración y ejecución de proyectos, añadiendo así nuevas complejidades a éstos, particularmente en sus aspectos no materiales. Por ejemplo en el campo de la energía eléctrica, los proyectos se centraron menos en la construcción de Centrales Eléctricas y más en el formato de sistemas, en la mejora de conducción y distribución y en la estructura de tarifas económicamente bien fundadas y equitativas

A finales de los 70's y principios de los 80's el tema ambiental empieza a cobrar importancia a partir del constante crecimiento de la población, la pobreza, la inseguridad y el deterioro del medio ambiental, se empezaron a diseñar nuevos enfoques de proyectos, como proyectos de ecodesarrollo y de calidad total.

Así, el tema ambiental deja de ser un área descriptiva de la biología y los investigadores se encuentran en proceso de entender la manera de como funcionan los ecosistemas. Esta corriente de información, que es la nueva concepción de proyectos concibe la idea de que la naturaleza es limitadamente renovable. Toda esta experiencia e información publicada en varios foros sobre la destrucción de los ecosistemas, puso en claro que el desarrollo no podía quedar desvinculado de la problemática ambiental por que esta siendo evidentemente un freno para el mismo desarrollo.

Una década después, en los 90's, empiezan a publicarse revistas y biografías referentes al desarrollo de proyectos y evaluaciones económicas. Tal es el caso de éste trabajo, dirigido a la nueva concepción "Proyecto Sustentable" y que pretende demostrar la gran importancia que tiene un estudio de impacto ambiental, dentro de la programación y la planeación de desarrollo del país.

1.5 Presentación de Proyectos

Dentro de la evaluación de proyectos existen una gran variedad de esquemas o métodos de presentación sugeridas por autores o por instituciones.

La finalidad de tener una metodología es hacer más fácil y eficiente la forma de agrupar y presentar sus datos técnicos, estadísticos, económicos y demográficos y antecedentes de todo tipo sobre legislación, política económica y otros factores institucionales que pueden afectar el proyecto. Así como también, los métodos de análisis técnico, estadístico, económico, financiero, de investigación de operaciones y análisis de sistemas que sirvan para interpretar y prever los fenómenos que condicionan la realización y operación del producto.

Este trabajo sugiere articular los datos de los proyectos de modo más definido, tomando como base los esquemas que utilizan los organismos mundiales (ONU, ILPES, etc.) agrupándolas en seis capítulos, según un esquema común válido en todos los casos. Advertiendo que la importancia que se asigne a uno o a otro punto del esquema variara según la naturaleza del proyecto o según las circunstancias locales. Estos capítulos son³:

- a) descripción sumaria del proyecto,
- b) estudio de mercado,
- c) estudio técnico,
- d) estudio financiero,
- e) evaluación económica,
- f) estudio de impacto ambiental y
- g) Plan de organización y ejecución.

1.5.1 Descripción Sumaria del Proyecto

La descripción sumaria del proyecto sirve más que nada para facilitar la negociación del proyecto. Esta descripción comienza con los propósitos del proyecto y se complementa con una síntesis de las conclusiones a que se ha llegado cada uno de los estudios parciales realizados. Esta presentación proporciona a los ejecutivos que toman las decisiones para la realización del proyecto, la oportunidad de tener una idea, de los elementos fundamentales del proyecto, sin tener que leer todo el texto del documento y sus anexos. Es útil también para quienes examinen estos documentos, como un elemento previo que ayudara el trabajo posterior de los diferentes capítulos. Generalmente la descripción sumaria se ubica en las primeras paginas, pero se puede presentar en otra parte del documento. Lo que interesa en este capítulo es que reúna los resultados fundamentales de los estudios en forma comprensiva y lógica.

1.5.2 Estudio del Mercado

El estudio de mercado constituye el punto de partida de la presentación el proyecto, sirviendo de antecedente necesario para el análisis técnico, financiero y económico del proyecto.

"El objetivo del estudio de mercado en un proyecto consiste en estimar la cuantía de los bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a

³ El orden en que se han enumerado los datos -interdependientes entre sí y que se relacionan simultáneamente en varias partes del proyecto- es sólo una sugerencia en cuanto a la presentación y no guarda relación alguna con el orden en que se pueden o deben estudiar.

adquirir en determinados precios. El mercado es la existencia de un conjunto de individuos cuyas solicitudes ponen de manifiesto la situación de oferta y demanda que conduce a establecer el precio. En general este conjunto de individuos se delimitan geográficamente (zonas, territorios)" [Melnick Julio, 1990][Ref. 1.1]

Dada esta finalidad, el estudio de mercado se debe de analizar en cuatro grupos.

El primer grupo "Demanda" se refiere a los aspectos relacionados con la necesidad de los bienes que se desean producir. El segundo grupo "Oferta" se relaciona con las formas actuales en que esas demandas o necesidades serán atendidas por la oferta actual y futura. El tercer grupo "Precios" tiene que ver con los distintos tipos que toma el pago de esos bienes, sea a través de precios, tarifas o subsidios. Y por último el cuarto bloque "Comercialización" señala las formas de elementos que se han previsto para que el producto llegue hasta los demandantes, usuarios o consumidores.

En el caso de los proyectos sociales el estudio de mercado se confunde con un análisis global del problema que se quiere resolver, orientando a ofrecer elementos de juicio para el establecimiento de prioridades o necesidades. El estudio de mercado también se integra con el análisis de tendencias y de los problemas de desarrollo del sector o del área considerada.

a) Análisis de la Demanda

Este análisis tiene por objeto demostrar y cuantificar la existencia de individuos que son consumidores del bien que se piensa ofrecer.

Cualquiera que sea el tipo de bienes o servicios que se analicen se deberá estudiar el volumen de la demanda prevista para el periodo de vida útil del proyecto, estudiar la parte de esa demanda que se espera ser atendida, tomando en cuenta la oferta de otros proveedores y las hipótesis que se utilizan para fundamentar las conclusiones.

Estas hipótesis pueden agruparse en dos categorías.

- Los que se relacionan con la evolución histórica de la demanda
- Los relativos a la proyección de la demanda futura.

Estas hipótesis se analizan estadísticamente y se estudian para un cierto periodo, ya sea el análisis histórico de la demanda o la proyección, ponderación y evolución futura de la demanda.

b) Análisis de la oferta

La determinación y estimación futura de la oferta suele ser difícil. La razón es que sus investigaciones se basan en informaciones de volúmenes de producciones proyectadas y actuales, capacidades instaladas y utilizadas, planes de ampliación y costos actuales y futuros. Y que las empresas son muy cerradas a proporcionar los datos necesarios de sus actividades. De ahí que resulte necesario utilizar una variedad de técnicas con el propósito de lograr información que permitan analizar la situación actual y futura de la oferta.

c) Análisis de los precios

Aquí se analizan los precios que tienen los bienes y servicios que se espera producir, para saber de qué forma se determinarán y el impacto que tendrá en el mercado.

En materia de bienes, las formas más comunes de fijación de precios son las siguientes: [ILPES, 1992][Ref. 1.2]

- a) Precio existente en el mercado interno.
- b) Precio de similares importados.
- c) Precios fijados por el sector público.
- d) Precio estimado en función del costo de producción.
- e) Precio estimado en función de la demanda.
- f) Precios regionales y del mercado internacional.

Un problema especial se plantea en el caso de los proyectos, generalmente del sector público, que financian su producción sobre la base de tarifas. Como la tarifa es un pago del usuario individual, que no se relaciona con el costo de producción, se debe esperar que al total de ingresos recaudados sea por lo menos equivalente al costo total de la producción. Así, el análisis de la estructura tarifaria (en un proyecto de producción y distribución de energía eléctrica, por ejemplo) es de importancia fundamental para obtener buenas estimaciones del tamaño y características del mercado futuro.

d) Análisis de Comercialización

Este análisis se basa propiamente en el correcto planteamiento de las formas de organización de la distribución, requisito indispensable para el éxito del proyecto.

Los temas que deben examinarse son: El almacenamiento, transporte, acondicionamiento y presentación del producto, sistemas de crédito al consumidor, asistencia técnica al usuario, publicidad y propaganda y todas las cuestiones que afecten para el movimiento de estos bienes entre productor y consumidor. En el documento estos temas se presentaran dependiendo de la naturaleza e importancia del proyecto y del mercado del que se trate.

1.5.3 Estudio Técnico

En el estudio técnico se dan las pautas generales para presentar los resultados alcanzados en el diseño de la función de producción óptima, y los principales pasos para su perfeccionamiento.

Dentro de este análisis la unidad productiva comprende dos conjuntos de elementos: un grupo básico relativo al tamaño del proyecto, su proceso de producción y su localización; y otro grupo complementario, que describe las obras físicas, la organización para la producción y el calendario de realización del proyecto. Estos dos conjuntos son interdependientes y se relacionan con los estudios financieros, económicos y de mercado.

El estudio técnico no solamente tiene que demostrar la validez técnica del proyecto, sino que también debe mostrar y justificar cual es la alternativa técnica que mejor se ajuste a los criterios de optimización que corresponde aplicar el proyecto.

a) Estudio Básico

Aquí se analiza el tamaño de un proyecto (capacidad de producción de bienes o prestación de servicios). Capacidad máxima (mayor volumen de producción que se puede alcanzar sin restringir la operación a la obtención de los menores costos posibles). Capacidad de diseño (se basa en condiciones técnicas ideales y promedios, que nos llevan al menor costo unitario posible). Proceso de producción (procedimiento técnico utilizado para obtener los bienes o servicios, mediante una determinada función de producción) y localización (la macrolocalización y la microlocalización, llegando hasta la definición precisa de su ubicación en la zona o ciudad).

b) Estudio Complementario

Las decisiones relativas a la descripción de las obras físicas (dar los criterios de decisión y detallar un inventario de las obras, así como sus características básicas de la nueva unidad de producción). El calendario de realización de todo el proyecto y la organización de la empresa (explicar como se distribuyen las responsabilidades en la empresa, en el periodo de ejecución y el periodo de operación del proyecto).⁴

c) Distribución de Costos

Este análisis debe presentar una distribución de costos que incluye el costo total de instalación del proyecto, o sea, las necesidades iniciales de capital; los costos fijos y los costos variables y su comportamiento frente a cambios en la utilización de la capacidad productiva; la variación de los

⁴ En este trabajo se llama obra física a los edificios y obras civiles con complemento de maquinas, equipo o instalaciones con que se realiza el proceso.

costos unitarios frente a varias escalas y el aprovechamiento de los márgenes de flexibilidad de producción.

1.5.4 Estudio Financiero

En este estudio se presenta el análisis financiero del proyecto. Comprende la inversión, la proyección de los ingresos y de los gastos y las formas de financiamiento que se prevén para todo el periodo de su ejecución y de su operación. En esta parte del trabajo se utilizan informaciones obtenidas en el estudio de mercado y en el estudio técnico.

a) Recursos Financieros para la inversión

En primer lugar hay que demostrar que los realizadores del proyecto cuentan con recursos financieros suficientes para hacer las inversiones y los gastos corrientes para la solución de los problemas de proceso, tamaño, localización y de decisiones complementarias sobre obras físicas, organización y calendario del proyecto. Debe demostrarse que la capacidad de inversión de la empresa pública o privada responsable del proyecto no depende tan sólo de los resultados de operación sino que esta debidamente respaldada por capital propio aportado por la empresa.

b) Análisis y Proyecciones Financieras

Aquí, estarán integradas las necesidades de los recursos financieros de la empresa y las proyecciones de ingresos financieros de operación, basadas en las estimaciones de uso de la capacidad instalada y precios de venta estimados.

c) Financiamiento

El estudio financiero debe mostrar las fuentes de los recursos financieros que se utilizarán y su distribución en los diversos usos del origen y el destino de los recursos.

Lo siguiente es demostrar la viabilidad financiera y el examen de su sensibilidad a las probables variaciones de las magnitudes que conforman su planteamiento básico. Los datos para calcularlos se obtienen de las previsiones de precios y cantidades demandadas contenidas en el estudio de mercado; del análisis de costos en cuanto a montos y carácter fijo o variable contenido en el estudio técnico; y del cuadro de fuentes y usos de fondos del propio estudio financiero.

1.5.5 Evaluación Económica Financiera

En esta parte del proyecto se recogen las conclusiones de los estudios anteriores y se analizan con un enfoque que permite la evaluación económica. El análisis debe aportar elementos de juicio seguros sobre la viabilidad, conveniencia y oportunidad del proyecto. Normalmente la decisión final sobre la realización del proyecto se basará sobre todo en su evaluación económica, en la cual, al estar integradas y elaboradas las conclusiones de los estudios de mercado, técnico y financiero, se abarca todos los aspectos que necesitan analizarse en un proyecto de inversión para el desarrollo económico y social.

Se deben aplicar las reglas del cálculo económico a los datos del proyecto de modo que se pueda determinar, a través de ciertos indicadores que se relacionan con él cálculo de la rentabilidad del proyecto, la conveniencia de llevar a cabo el proyecto desde el punto de vista de la empresa.⁵

Niveles de Rentabilidad

Estos niveles pueden calcularse como la relación entre el ingreso neto obtenido por unidad de tiempo y el capital invertido.

⁵ El cálculo económico "tiene por objeto comparar las soluciones que se nos proponen en lo que concierne a la utilización de recursos escasos con usos alternativos". J. Lesourne, *Le calcul économique* (ed. Dunod, Paris, 1964):

Las cuatro principales relaciones entre ingresos netos y capital invertido se presentan a continuación:

- a) El cálculo del Valor Presente Neto
- b) El cálculo de Valor Anual Equivalente
- c) El cálculo de la Tasa Interna de Rendimiento
- d) El análisis de sensibilidad

En el caso de que se trate de proyectos de empresas que tienen ya otras actividades hay que representar el análisis de la inclusión del proyecto entre estas actividades. Se comparan los indicadores económicos de la actividad empresarial con y sin el proyecto, además del aporte y los costos adicionales y calculando su rentabilidad.

Después de esto se presentan los efectos del proyecto sobre el sistema, distinguiendo las fases sucesivas de implantación y de operación. Los efectos que interesa destacar en esta parte de la evaluación son sobre todo los que tienen que ver con los objetivos del desarrollo económico y social.

1.5.6 Estudio de Impacto Ambiental

Esta fase consiste en una serie ordenada de pasos durante el cual se genera y procesa, sistemáticamente, una gran cantidad de información ambiental y social inerte al proyecto y del área donde pretende desarrollarse. Se trata de analizar al sistema constituido, por los sistemas ecológicos naturales y por una serie de acciones e intervenciones del hombre.

En el estudio de impacto ambiental, se debe de explicar en términos generales, los objetivos, las alternativas y etapas del proyecto. El documento debe contener, una descripción del medio natural y del medio social, relacionados a factores tales como:

- Aire
- Agua
- Suelo
- Seres vivos
- Aspectos históricos
- Arqueológicos y socioeconómicos.

Con estos factores, se determinarán estudios utilizando métodos ambientales para su análisis y finalmente, de acuerdo a los estudios realizados y de los resultados obtenidos, se toman los cursos de acción para la reducción de impactos adversos, y se establecen las conclusiones generales para tal documento.

1.5.7 Plan de Ejecución

La fase de ejecución del proyecto va desde la terminación del diseño de ingeniería hasta la puesta en marcha. El documento debe presentar una relación de las actividades que se llevan a cabo, examinar los tiempos de su realización, sus requisitos materiales, humanos y financieros, y plantear las alternativas de ejecución. Con estos elementos se demuestra que el plan de ejecución propuesto es coherente y se ajusta a las condiciones en que se llevará a la práctica.

El plan de ejecución establece la forma detallada y cronológica de las secuencias de actividades que corresponden a la fase de la ejecución del proyecto. Se trata de proponer un esquema viable y coherente de desarrollo en función del tiempo, de la movilización de todos los requisitos del proyecto -físicos, materiales, humanos e institucionales, técnicos y financieros- en la medida en que se hacen necesarios.

Durante cerca de medio siglo se ha utilizado la gráfica de Gantt como instrumento de control de los programas de ejecución. En los últimos tiempos se ha desarrollado un método basado en el concepto del camino crítico, definido en teoría de conjuntos como parte del análisis de los grafos.

En esta parte del proyecto se deben de incluir la red de actividades resultante. El grado de detalle de inventario, es decir, la definición de cada actividad como una acción individualizada, puede variar de acuerdo con el interés del control de cada proyecto. La estimación de las duraciones se hace mediante consulta a expertos han cada actividad y se plantea como estimación única (método CMP), o como un conjunto de tres estimaciones llamadas optimista, pesimista y más probable (método de PERT), con los cuales se calcula la duración esperada.

CAPITULO II METODOS PARA LA EVALUACION FINANCIERA DE PROYECTOS

Quando nos enfrentamos a una decisión, lo primero que tenemos que hacer es determinar los posibles cursos de acción que se pueden seguir. La existencia de diferentes cursos de acción es un requisito indispensable en el proceso de toma de decisiones.

Este proceso requiere que se generen todas las alternativas disponibles, y se requiere estar capacitado para reconocer cuando se han agotado los diferentes cursos de acción.

Una vez que se han generado todas las alternativas a analizar, es necesario evaluar todo aquello que sea factible de cuantificar. Si aplicamos estas ideas en la evaluación de proyectos de inversión, entonces, después de generar las alternativas con las cuales se puede realizar el proyecto, se deben tratar de expresar en términos monetarios las consecuencias de cada curso de acción.

Una vez que las alternativas han sido generadas y sus consecuencias cuantificables evaluadas, el siguiente paso es utilizar algún procedimiento general que ayude a seleccionar la mejor de ellas. En la evaluación de las alternativas se tomará el punto de vista de un analista y no el de un ejecutivo.

Una consideración a tomar en cuenta es que existen diferentes métodos de análisis, de los cuales podemos distinguir: Los métodos empíricos y los cuantitativos, y estos a su vez se clasifican en métodos bajo certeza y métodos bajo riesgo. La diferencia entre estos dos estriba en que en los métodos cuantitativos se utilizan técnicas numéricas que ayudan a visualizar mejor las diferencias entre las alternativas, mientras que en los empíricos solamente se hace una evaluación subjetiva de dichas diferencias. Además, es de esperarse que el usar procedimientos lógicos, basados en cálculos matemáticos, ayudan consistentemente a tomar mejores decisiones.

Los procedimientos para seguir y controlar las propuestas de inversión seleccionadas, aseguran el logro de las metas fijadas por la organización y permiten mejorar el proceso de planeación al eliminar aquellas estrategias que conducen a la organización hacia un objetivo no planeado y no deseado.

Mediante procedimientos de seguimiento y control del proyecto seleccionado, es posible comparar la inversión actual, los ingresos netos obtenidos, y el rendimiento real obtenido, con las estimaciones de inversión, ingresos netos y el rendimiento esperado del proyecto.

2.1 Métodos Bajo Certeza

Para conocer y utilizar algún procedimiento general que ayude a la toma de decisiones de una alternativa, se necesita antes que todo, conocer el concepto del valor del dinero a través del tiempo.

La palabra interés significa "la renta que se paga por utilizar dinero ajeno, o bien la renta que se gana al invertir nuestro dinero" [Coss Bu Raúl, 1994][Ref. 2.1]. Y puesto que el dinero puede ganar un cierto interés, cuando se invierte por un cierto periodo, es importante reconocer que un peso que se reciba en el futuro valdrá menos que un peso que se tenga actualmente. Es precisamente esta relación entre el interés y tiempo lo que conduce al concepto del valor del dinero a través del tiempo.

2.1.1 Interés Simple e Interés Compuesto

La diferencia fundamental entre interés simple e interés compuesto está en el hecho de que cuando se utiliza el interés compuesto, los intereses a su vez generan intereses, mientras que cuando se utiliza interés simple los intereses son función únicamente del pago principal, el número de periodos y la tasa de interés.

El concepto del Valor del dinero a través del tiempo anterior, revela que los flujos de efectivo pueden ser trasladados a cantidades equivalentes a cualquier punto del tiempo. Existen tres procedimientos que comparan estas cantidades equivalentes.

- > Método del Valor Anual Equivalente
- > Método del Valor Presente Neto
- > Método de la Tasa Interna de Rendimiento

Los tres métodos anteriores tienen el mismo fundamento, es decir, si un proyecto de inversión es analizado correctamente con cada uno de estos métodos, la decisión recomendada será similar. En todos los métodos se establece un parámetro que expresa el costo de oportunidad de la decisión de inversión.

Existen varios métodos numéricos de programación lineal, métodos estadísticos y económicos que ayudan a estos tres métodos anteriores para la toma de decisiones. Por ejemplo, la regresión lineal, método de asignación, métodos de transporte, análisis de sensibilidad, métodos estadísticos, métodos de Newton, de secante etc.

2.1.2 Valor Anual Equivalente (VAE)

Con el método del valor anual equivalente, todos los ingresos y gastos que ocurren durante un periodo son convertidos a una anualidad equivalente (uniforme). Cuando dicha anualidad es positiva, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado. Este método es muy popular por que la mayoría de los ingresos y gastos que origina un proyecto son medidos en bases anuales. Esta característica hace al método más fácil de aplicar y de entender que los otros métodos mencionados.

En los tres métodos se recomienda utilizar como tasa de interés, que expresa el costo de oportunidad de la decisión de inversión, una tasa mayor que el costo de capital y a la cual se le denotará como TREMA (Tasa de Recuperación Mínima Atractiva).

El valor anual equivalente sugiere transformar todos los flujos que originan un proyecto a una base anual y señala la diferencia entre las inversiones anuales y la anualidad pagada al banco.

A continuación se muestra la fórmula general que se puede utilizar para determinar la anualidad equivalente de un proyecto de inversión:

$$A = -p \left[\left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) + i \right] + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \times \left[\left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) + i \right] + F \left[\left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) + i \right]$$

donde:

A = Anualidad equivalente

p = Inversión inicial

S_t = Flujo de efectivo neto en el periodo t

F = Valor de rescate

n = Numero de periodos de vida del proyecto

i = Tasa de recuperación mínima atractiva

2.1.3 Valor Presente Neto (VPN)

El método del valor presente neto es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Para comprender mejor la definición anterior a continuación se presenta la formula utilizada para evaluar el valor presente de los flujos generados por un proyecto de inversión:

$$VPN = -p + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

donde:

- p = Inversión inicial
- S_t = Flujo de efectivo neto en el periodo t
- n = número de periodos de vida del proyecto
- i = Tasa de recuperación mínima atractiva

La formula anterior considera el valor del dinero a través del tiempo al seleccionar un valor adecuado de i. Cabe mencionar que algunos autores utilizan como valor de i al costo de capital en lugar de TREMA. Sin embargo, existen algunas desventajas como: 1) Difícil de evaluar y actualizar y 2) Puede conducir a tomar malas decisiones puesto que al utilizar el costo de capital, proyectos con valores presentes positivos cercanos a cero serian aceptados.

El utilizar como valor de i a la TREMA, tiene la ventaja de ser establecida muy fácilmente, y considera factores tales como el riesgo que representa un proyecto, la disponibilidad del dinero de la empresa y la tasa de inflación prevaleciente en la economía nacional.

Cuando el Valor presente es positivo, significa que el rendimiento que se espera obtener del proyecto es mayor al rendimiento mínimo requerido por la empresa (TREMA). En valores monetarios significa que se va incrementar el valor del capital de los accionistas. Cuando el valor presente es negativo se rechaza el proyecto de inversión.

2.1.4 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Es importante distinguir entre criterio de decisión y una base de comparación. Esta ultima es un índice que contiene cierta clase de información sobre la serie de ingresos y gastos a que da lugar una oportunidad de inversión. La tasa interna de rendimiento es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado. Está definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente, el valor futuro, o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos. Es decir, la tasa interna de rendimiento de una propuesta de inversión, es aquella tasa de interés i* que satisface cualquiera de las siguientes ecuaciones.

donde:

(1)	(2)	(3)
$\sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+i^*)^t} = 0,$	$\sum_{t=0}^n S_t(1+i^*)^{n-t} = 0,$	$\sum_{t=0}^n S_t(P/F, i^*, t)(A/P, i^*, n) = 0$

- S_t = Flujo de efectivo neto en el periodo t
- n = Vida de la propuesta de inversión

La figura 2.1 ilustra la forma más común de las gráficas del valor presente, valor futuro y valor anual equivalente, en función de la tasa de interés. En esta figura se puede apreciar que todas estas curvas cortan al eje horizontal en el mismo punto, es decir, todas ellas pasan a través del punto que corresponde a la tasa interna de rendimiento del proyecto de inversión.

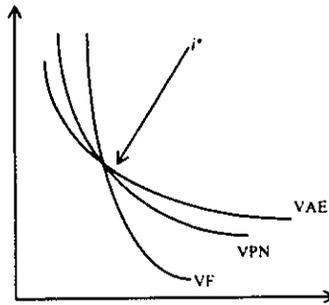


FIGURA 2.1

En términos económicos la tasa interna de rendimiento presenta el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión.

El saldo no recuperado de una inversión al tiempo t , se evalúa de acuerdo a la siguiente expresión:

$$VPN = -p + \sum_{t=1}^n S_t (1+i)^{-t}$$

En conclusión el significado fundamental de la TIR es la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de tal modo que el saldo al final de la vida de la propuesta es cero. Esta tasa puede compararse con la TREMA para ver si es factible la inversión, lo que ocurre cuando la $TIR > TREMA$. El problema que se presenta al obtener i es que se muestran valores negativos que no serían deseables para la toma de decisiones.

2.2 Métodos Bajo Incertidumbre

Dos problemas están presentes en toda propuesta de inversión. El primero se refiere a la conversión de los flujos de efectivo futuros de acuerdo a cualquiera de los criterios económicos más ampliamente utilizados (VAE, VPN, TIR, etc.) y el segundo al entendimiento y evaluación de la incertidumbre. El segundo problema es a menudo de mayor importancia pero ha recibido menos atención que el primero, por consiguiente, cuando una propuesta de inversión es analizada, se recomienda, incluir en el análisis alguna variable o medida que considere el riesgo inherente de la propuesta evaluada.

La toma de decisiones en condiciones de incertidumbre o bajo riesgo significa que se desconocen las probabilidades de ocurrencia de los diversos estados de la naturaleza pertinentes al problema de decisiones considerado.

El carácter de la incertidumbre se asocia a los problemas que se enfrenta el decisor con situaciones que nunca ocurrieron y que quizá no se repitan de esa forma en el futuro.

Los criterios de decisión que se emplean cuando predominan estas condiciones de incertidumbre, reflejan los valores personales y las actitudes fundamentales hacia el riesgo que tienen los responsables de la toma de las decisiones. El decisor puede adoptar una actitud intermedia entre el pesimismo y el optimismo, o bien se puede decidir a utilizar algún otro criterio más conveniente.

2.2.1 Métodos Tradicionales

2.2.1.1 El Criterio de Wald

Según Wald, el decisor piensa que una vez que ha elegido un cierto curso de acción, quizá la naturaleza se vuelva malévolas y, por tanto, seleccione el estado natural que minimice los beneficios del decisor. En otras palabras, Wald sugirió que la selección de *lo mejor de los peor*, es una forma razonable de protegerse a sí mismo.

Por lo tanto, el criterio de decisión es el elegir el curso de acción que reditúe el máximo de las consecuencias mínimas. Es obvio que el maximin es un criterio de decisión muy pesimista.

Existe otra versión del criterio de Wald y se conoce como minimax. Este criterio dice que para cada estrategia el decisor determina la pérdida máxima y escoge después la estrategia con el mínimo de las pérdidas máximas.

De esta forma, un maximizador maximiza su mínima ganancia potencial o, lo que es lo mismo, minimiza su máxima pérdida potencial.

2.2.1.2 El Criterio de Hurwicz

Este criterio asigna determinados valores relativos a los resultados máximo y mínimo posibles de cada estrategia factible. Muchas personas cuando toman decisiones, tienden a fijarse en las consecuencias más extremas, y desconocen los resultados que se hallan entre ambos extremos.

El procedimiento de Hurwicz señala este hecho y pondera los valores extremos en forma tal que reflejan la importancia que les concede el decisor.

Por lo tanto, si α se define como el índice de pesimismo relativo (índice probabilístico) y $1 - \alpha$ como el de optimismo relativo, el criterio se determina calculando el coeficiente de optimismo C de esta manera:

$$C = \alpha(\text{mínimo}) + (1 - \alpha)(\text{máximo})$$

En donde el mínimo y el máximo son las consecuencias pertinente a cada curso de acción pertinentes.

2.2.1.3 El Criterio de Laplace

Este criterio señala que como no conocemos las probabilidades de ocurrencia de los estados naturales, se dan por supuesto que las probabilidades son las mismas para estos estados. Se calcula después el valor monetario esperado de cada estrategia y se seleccionará la que tenga valor monetario más elevado.

2.2.1.4 El criterio de L. J. Savage

Savage argumenta que, después de saber el resultado, el decisor puede arrepentirse de haber escogido ese curso de acción, puesto que tal vez hubiera preferido escoger un curso de acción diferente. Este criterio sugiere que podemos conocer el grado de nuestro arrepentimiento por

...e obtenido y el resultado que se hubiera obtenido que iba a ocurrir. ...st, se da a entender tanto la medida recomendada de que se aplique para tomar la decisión. Por consiguiente, ...amientos a partir de la matriz original de decisiones. Después (ald, Hurwicz o Laplace).

La Importancia del Ex
medio de la diferencia
en el caso de haber
Por este criterio
compensación
se construye
se aplica un
decisión

...s de manejar la incertidumbre. Una es a través de arboles de decisión, una ...ar a la programación dinámica, es un método conveniente para representar y ...erie de inversiones hechas a través del tiempo. La técnica de arboles de decisión ...ticamente en los siguientes pasos:

2.2.1.1. ... Exist...
...ar el árbol de decisión. Para la construcción del árbol es necesario considerar las ...ferentes alternativas o cursos de acción y los posibles eventos asociados a cada curso de acción.

- Determinar los flujos de efectivo de cada una de las ramas del árbol.
- Evaluar las probabilidades de cada una de las ramas del árbol obtenido en el paso anterior.
- Determinar el valor presente de cada una de las ramas del árbol.
- Resolver al árbol de decisión con el propósito de ver cual alternativa debe ser relacionada. Se comienza en los extremos de las ramas del árbol de decisión y se marcha hacia atrás hasta alcanzar el nodo inicial de decisión. A través de este recorrido, se deben utilizar las siguientes reglas:

- a) Si el nodo es un nodo de posibilidad, se obtiene el valor esperado de los eventos asociados a este nodo.
- b) Si el nodo es un nodo de decisión, entonces se selecciona la alternativa que maximiza o minimiza los resultados que están a la derecha de ese nodo.

El uso de arboles de decisión como una base para analizar y evaluar inversiones, hace más explícito e intuitivo el proceso de toma de decisiones.

Por otra parte, conviene señalar que las principales desventajas de este enfoque pueden ser eliminadas si se utiliza el enfoque de arboles de decisión.

2.2.2 Métodos Avanzados y Análisis de Riesgo

2.2.2.1 Análisis de riesgo

La consideración del riesgo en la evaluación de una propuesta de inversión, se puede definir como el proceso de desarrollar la distribución de probabilidad de algunos de los criterios económicos o medidas de méritos ya conocidos.

Recientemente, el análisis del riesgo ha ganado una gran aceptación en muchas empresas, las cuales lo consideran en la evaluación de nuevas propuestas de inversión y en la planeación estratégica de corto, mediano y largo plazo.

El análisis del riesgo o probabilístico fue desarrollado para tomar en cuenta la incertidumbre que generalmente se tiene con respecto a las variables que determinan los flujos de efectivo neto de un proyecto de inversión. Esta incertidumbre normalmente es expresada por medio de distribuciones de probabilidad.

Las distribuciones de probabilidad de las variables aleatorias desarrollan con base en probabilidades subjetivas. Típicamente entre más alejado del presente este un evento, más incertidumbre habrá con respecto al resultado del evento. Por consiguiente, si la varianza es una medida de incertidumbre, es lógico esperar que las varianzas de las distribuciones de probabilidad crezcan con el tiempo.

Entre las distribuciones de probabilidad teóricas más comúnmente utilizadas en el análisis de riesgo se pueden mencionar: la distribución normal y las distribuciones triangulares.

2.2.2.2 Simulación

A diferencia de los métodos probabilísticos, los cuales tienden a ser difíciles de entender, la simulación puede ser más fácilmente entendida. Sin embargo, su realización requiere de una computadora digital. Desde sus inicios durante la Segunda Guerra Mundial, la simulación a sido una técnica muy valiosa para analizar problemas que involucran incertidumbre y relaciones complejas entre sus variables.

Es obvio que en muchos problemas de decisión tienen en común una gran cantidad de elementos. Por ejemplo, la similitud en los diferentes cursos de acción y el capital disponible. Además, existen factores de depreciación e impuestos, los cuales son expresados en términos contables estándares. También la incertidumbre es común en muchas decisiones, y es a menudo posible expresar esta incertidumbre en forma de distribuciones de probabilidad.

La gran similitud en los diferentes elementos que intervienen en la toma de decisiones, facilita el desarrollo de una metodología general de simulación, la cual en este caso sería aplicada al análisis y evaluación de proyectos de inversión (ver figura 2.2.1).

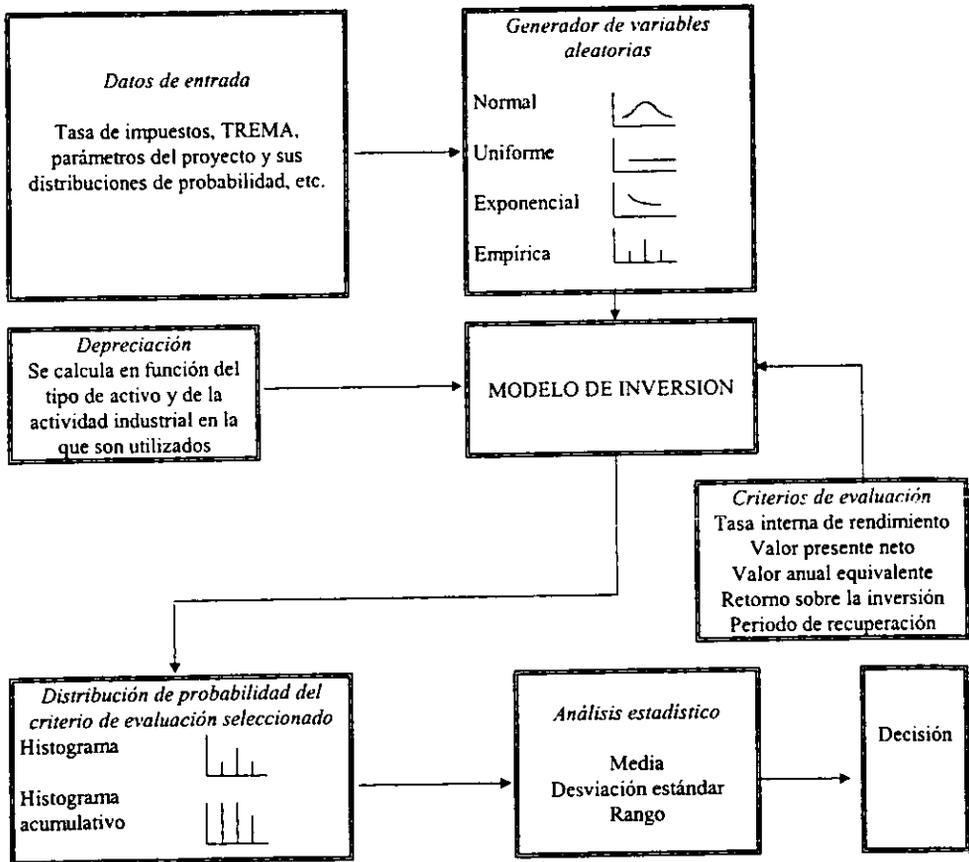


FIGURA 2.2.1 Diagrama de flujo general para simular un proyecto de inversión.

CAPITULO III EL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS PROYECTOS

3.1 Antecedentes

El uso del termino *ecología* comenzó durante la segunda mitad del siglo XIX. Henry Thoreau lo empleó durante 1858 en sus cartas, pero no lo definió, mientras Ernest Haeckel en 1869 definió a la ecología como el total de relaciones de los animales con sus medios ambientes orgánico e inorgánico. Son cuatro las disciplinas biológicas vinculadas con la ecología (genética, evolución, fisiología y conducta), por lo que se podría representar gráficamente como la figura 3.1

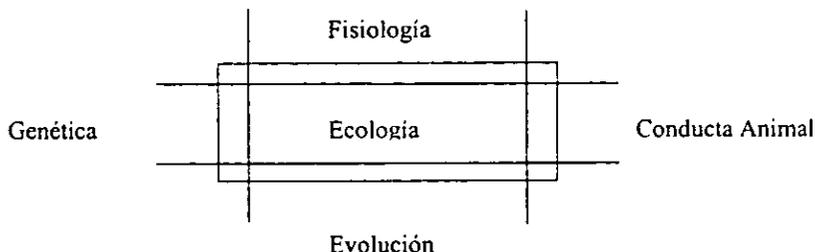


FIGURA 3.1

La ecología, considerada en sentido amplio, se traslapa con cada una de estas materias, por lo que es necesaria una definición más limitante. *La ecología es el estudio científico de las interacciones que regulan la distribución y la abundancia de los organismos.*

3.1.1 La Problemática Ambiental

El ambiente natural y cultural debe ser considerado como un todo, como el universo del que es parte el ser humano y dentro del cual desarrolla una cultura e interactúa con otros seres vivos y con sus elementos carentes de vida (abióticos).

El ambiente natural y cultural es entonces, patrimonio de la humanidad. Es responsabilidad de todos la búsqueda de una relación armónica entre el imperativo del desarrollo económico y social y el mantenimiento y restauración del equilibrio ecológico.

La solución de los problemas ambientales debe atacar sus causas fundamentales: La ignorancia, la extrema pobreza, la falta de ética y sobre todo la aplicación de modelos de desarrollo no adaptados a las condiciones y necesidades de cada región.

La identificación de los problemas ambientales los podemos clasificar en dos clases: Los problemas evidentes a los sentidos de cualquier persona sin formación científica, por ejemplo, la deforestación, erosión, ruido, escasez de áreas verdes y agua, etc. y los poco evidentes y que no son identificados por la mayoría de la población, por ejemplo, el envenenamiento lento y progresivo por sustancias tóxicas imperceptibles, presentes en el aire y alimentos (monóxido de carbono, plomo). Estos problemas tienen una magnitud y una localización geográfica en el tiempo y espacio; sin embargo, en la mayoría de los casos, estos valores no han sido determinados ni ubicados en forma sistemática ni se han utilizado métodos científicos ni la tecnología pertinente para evaluar su origen, dimensiones y proyección en el futuro.

medio de la diferencia entre el resultado realmente obtenido y el resultado que se hubiera obtenido en el caso de haber conocido el estado natural que iba a ocurrir.

Por éste criterio, que no es decisión ex-post, se da a entender tanto la medida recomendada de compensación como el criterio específico que se aplica para tomar la decisión. Por consiguiente, se construye una matriz de arrepentimientos a partir de la matriz original de decisiones. Después se aplica un criterio de decisión (Wald, Hurwicz o Laplace).

2.2.1.5 Árboles de decisión

Existen varias formas de manejar la incertidumbre. Una es a través de árboles de decisión, una técnica muy similar a la programación dinámica, es un método conveniente para representar y analizar una serie de inversiones hechas a través del tiempo. La técnica de árboles de decisión consiste básicamente en los siguientes pasos:

1. Construir el árbol de decisión. Para la construcción del árbol es necesario considerar las diferentes alternativas o cursos de acción y los posibles eventos asociados a cada curso de acción.
2. Determinar los flujos de efectivo de cada una de las ramas del árbol.
3. Evaluar las probabilidades de cada una de las ramas del árbol obtenido en el paso anterior.
4. Determinar el valor presente de cada una de las ramas del árbol.
5. Resolver al árbol de decisión con el propósito de ver cual alternativa debe ser relacionada. Se comienza en los extremos de las ramas del árbol de decisión y se marcha hacia atrás hasta alcanzar el nodo inicial de decisión. A través de este recorrido, se deben utilizar las siguientes reglas:
 - a) Si el nodo es un nodo de posibilidad, se obtiene el valor esperado de los eventos asociados a este nodo.
 - b) Si el nodo es un nodo de decisión, entonces se selecciona la alternativa que maximiza o minimiza los resultados que están a la derecha de ese nodo.

El uso de árboles de decisión como una base para analizar y evaluar inversiones, hace más explícito e intuitivo el proceso de toma de decisiones.

Por otra parte, conviene señalar que las principales desventajas de este enfoque pueden ser eliminadas si se utiliza el enfoque de árboles de decisión.

2.2.2 Métodos Avanzados y Análisis de Riesgo

2.2.2.1 Análisis de riesgo

La consideración del riesgo en la evaluación de una propuesta de inversión, se puede definir como el proceso de desarrollar la distribución de probabilidad de algunos de los criterios económicos o medidas de méritos ya conocidos.

Recientemente, el análisis del riesgo ha ganado una gran aceptación en muchas empresas, las cuales lo consideran en la evaluación de nuevas propuestas de inversión y en la planeación estratégica de corto, mediano y largo plazo.

El análisis del riesgo o probabilístico fue desarrollado para tomar en cuenta la incertidumbre que generalmente se tiene con respecto a las variables que determinan los flujos de efectivo neto de un proyecto de inversión. Esta incertidumbre normalmente es expresada por medio de distribuciones de probabilidad.

Las distribuciones de probabilidad de las variables aleatorias desarrollan con base en probabilidades subjetivas. Típicamente entre más alejado del presente este un evento, más incertidumbre habrá con respecto al resultado del evento. Por consiguiente, si la varianza es una medida de incertidumbre, es lógico esperar que las varianzas de las distribuciones de probabilidad crezcan con el tiempo.

Entre las distribuciones de probabilidad teóricas más comúnmente utilizadas en el análisis de riesgo se pueden mencionar: la distribución normal y las distribuciones triangulares.

2.2.2.2 Simulación

A diferencia de los métodos probabilísticos, los cuales tienden a ser difíciles de entender, la simulación puede ser más fácilmente entendida. Sin embargo, su realización requiere de una computadora digital. Desde sus inicios durante la Segunda Guerra Mundial, la simulación a sido una técnica muy valiosa para analizar problemas que involucran incertidumbre y relaciones complejas entre sus variables.

Es obvio que en muchos problemas de decisión tienen en común una gran cantidad de elementos. Por ejemplo, la similitud en los diferentes cursos de acción y el capital disponible. Además, existen factores de depreciación e impuestos, los cuales son expresados en términos contables estándares. También la incertidumbre es común en muchas decisiones, y es a menudo posible expresar esta incertidumbre en forma de distribuciones de probabilidad.

La gran similitud en los diferentes elementos que intervienen en la toma de decisiones, facilita el desarrollo de una metodología general de simulación, la cual en este caso sería aplicada al análisis y evaluación de proyectos de inversión (ver figura 2.2.1).

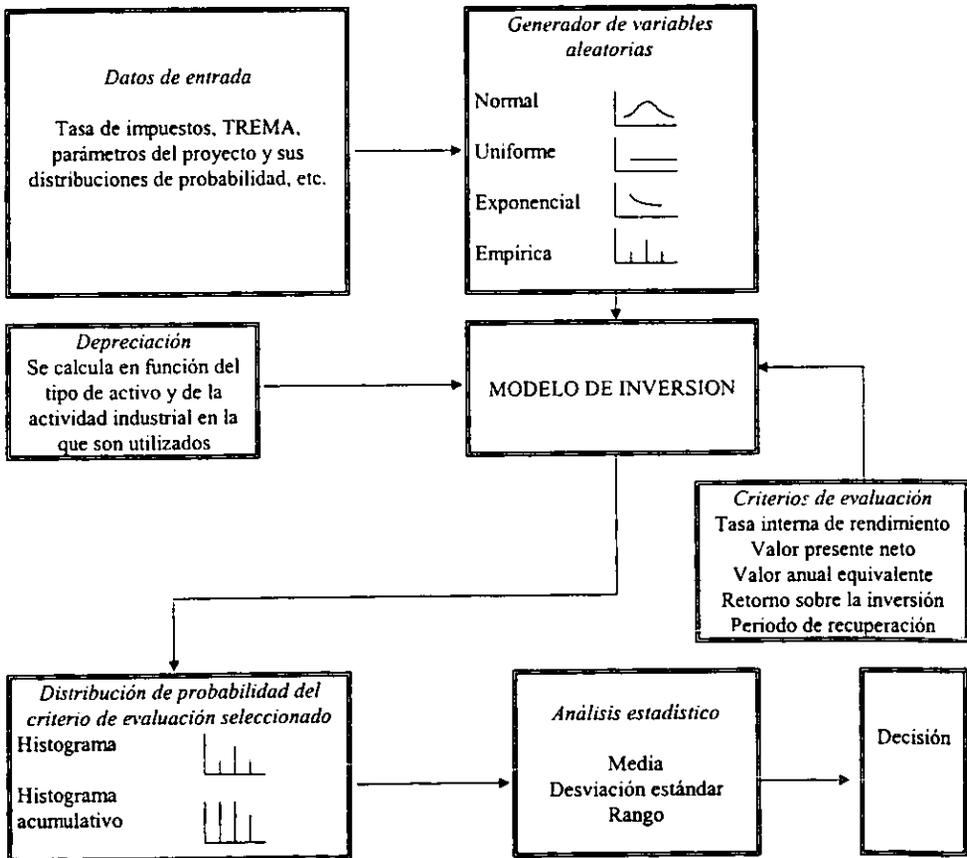


FIGURA 2.2.1 Diagrama de flujo general para simular un proyecto de inversión.

CAPITULO III EL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS PROYECTOS

3.1 Antecedentes

El uso del termino *ecología* comenzó durante la segunda mitad del siglo XIX. Henry Thoreau lo empleó durante 1858 en sus cartas, pero no lo definió, mientras Ernest Haeckel en 1869 definió a la ecología como el total de relaciones de los animales con sus medios ambientes orgánico e inorgánico. Son cuatro las disciplinas biológicas vinculadas con la ecología (genética, evolución, fisiología y conducta), por lo que se podría representar gráficamente como la figura 3.1

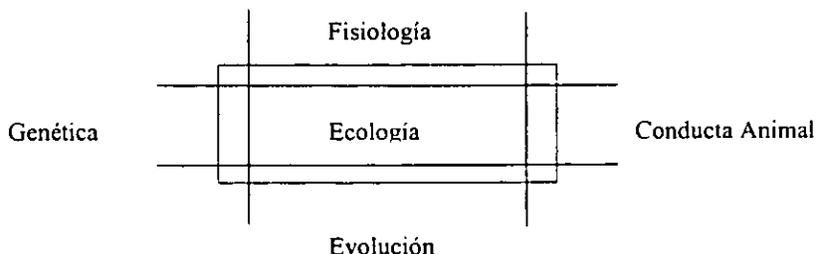


FIGURA 3.1

La ecología, considerada en sentido amplio, se traslapa con cada una de estas materias, por lo que es necesaria una definición más limitante. *La ecología es el estudio científico de las interacciones que regulan la distribución y la abundancia de los organismos.*

3.1.1 La Problemática Ambiental

El ambiente natural y cultural debe ser considerado como un todo, como el universo del que es parte el ser humano y dentro del cual desarrolla una cultura e interactúa con otros seres vivos y con sus elementos carentes de vida (abióticos).

El ambiente natural y cultural es entonces, patrimonio de la humanidad. Es responsabilidad de todos la búsqueda de una relación armónica entre el imperativo del desarrollo económico y social y el mantenimiento y restauración del equilibrio ecológico.

La solución de los problemas ambientales debe atacar sus causas fundamentales: La ignorancia, la extrema pobreza, la falta de ética y sobre todo la aplicación de modelos de desarrollo no adaptados a las condiciones y necesidades de cada región.

La identificación de los problemas ambientales los podemos clasificar en dos clases: Los problemas evidentes a los sentidos de cualquier persona sin formación científica, por ejemplo, la deforestación, erosión, ruido, escasez de áreas verdes y agua, etc. y los poco evidentes y que no son identificados por la mayoría de la población, por ejemplo, el envenenamiento lento y progresivo por sustancias tóxicas imperceptibles, presentes en el aire y alimentos (monóxido de carbono, plomo). Estos problemas tienen una magnitud y una localización geográfica en el tiempo y espacio; sin embargo, en la mayoría de los casos, estos valores no han sido determinados ni ubicados en forma sistemática ni se han utilizado métodos científicos ni la tecnología pertinente para evaluar su origen, dimensiones y proyección en el futuro.

En general los principales problemas ambientales en el país son:

a) Deforestación

La deforestación es uno de los problemas de mayor magnitud, por que desencadena otros problemas. La extracción forestal es mayor de lo que el bosque puede crecer anualmente y la reposición artificial es muy pequeña, con respecto a la utilizada en la industria.

Las principales causas de deforestación son:

- Los procesos de colonización y expansión de la frontera agrícola sin una planificación, diseño, ejecución y control adecuados.
- La explotación forestal con fines industriales.
- Utilización del bosque para producción de energía (leña y carbón).
- Las pérdidas por incendios y plagas.

b) Erosión

La causa más importante es la pérdida de la cubierta vegetal, por la tala de bosques y el uso de técnicas no apropiadas de cultivo y conservación de suelos y la falta de mecanismos adecuados para orientar la utilización de la tierra de acuerdo a su potencial.

c) Uso inadecuado de químicos

El uso inadecuado de fertilizantes, pesticidas, fungicidas y herbicidas, ha causado contaminación del suelo, del agua, de los alimentos y de la leche materna.

d) Contaminación del agua

Las causas principales de contaminación del agua son las materias fecales no tratadas, los desechos industriales y los agroquímicos acarreados a los cauces y cuerpos de agua o por infiltración a los acuíferos, provocando la escasez del mismo recurso.

e) Contaminación del aire

Se debe principalmente, a los gases de los automóviles, las fábricas y a la utilización de leña y carbón, a la aplicación de pesticidas por vía aérea. Así como, los ruidos provenientes de los diversos medios de transportes.

f) Contaminación de alimentos

En general los alimentos se contaminan de los múltiples agentes del ambiente, así, los químicos contaminan el agua y los alimentos, por ejemplo: la carne, la leche, los peces, los granos, etcétera. Además, se produce contaminación de los alimentos en su acarreo, procesamiento, almacenamiento y aun en el consumo.

México es un país conservacionista lo cual puede verse a lo largo de su historia, por ejemplo, en las comunidades indígenas, que incorporan a su enorme riqueza cultural un adecuado manejo de los recursos culturales.

Pero hay que reconocer la existencia de un importante deterioro ambiental, acrecentado en los últimos 50 años. Algunos cálculos aproximados reportan que anualmente son deforestadas entre 400 y 800 mil hectáreas. La mayoría de las cuencas están fuertemente contaminadas. En casi 80% del país se presenta erosión y en 30% esta erosión es severa. Como consecuencia de todo hay un alta pérdida de biodiversidad.

En la década de los setenta el tema ambiental empieza a cobrar importancia a partir de un diseño institucional promovido por la secretaria de salud, en la cual se enfocan los impactos a la salud derivados del tipo de producción.

Así, la ecología deja de ser un área descriptiva de la biología y los investigadores se encuentran en proceso de entender la manera de como funcionan los ecosistemas, con sus flujos de energía, sus ciclos de nutrientes, sus iteraciones planta-animal, etcétera.

para la estabilidad global de todo el ecosistema. La protección de la diversidad biológica es un punto clave. Además, se puede interpretar que los sistemas naturales incluyen todos los aspectos de la biosfera, hasta los medios creados por el hombre, como las ciudades. Se trata sobre todo de preservar la capacidad de recuperación y el dinamismo de los sistemas naturales para resistir los embates y adaptarse al cambio, más que conservar un cierto estado estático.

El concepto socio cultural de sustentabilidad procura mantener la estabilidad de los sistemas sociales y culturales, incluida la reducción de conflictos destructivos [PNUMA, 1991][Ref. 3.4]. Tanto en la equidad en el seno de las generaciones (especialmente la eliminación de la pobreza) como entre sí (que entraña los derechos de las generaciones futuras) son aspectos importantes de este enfoque.

Se debe perseguir la preservación de la diversidad cultural en todo el globo y el mejor uso de los conocimientos respecto a las prácticas sustentables de culturas menos dominantes. La sociedad moderna debería aprovechar el pluralismo y la participación popular y usarlos como marco más eficaz para la toma de decisiones en pos del desarrollo socialmente Sustentable.

La sustentabilidad exige que toda medida de política ambiental tenga un análisis de efectividad social pero, por ejemplo, como va a impactar una medida de control ambiental en el empleo, o en la pérdida de competitividad, o en la reducción del ingreso. Pues exige estudios, que ni tiempo ni dinero hay para realizarlos y, por tanto, la mayoría de las veces, se opta por el menor costo posible y se sacrifican objetivos sociales.

No obstante, existen muchas propuestas, avances, desarrollos metodológicos que si bien no resuelven los problemas de fondo, si hacen más benigna la relación economía - ambiente. El desarrollo Sustentable implica que cada generación tome del medio natural sólo aquellos elementos que sean capaces de devolverlo o reproducirlo de alguna forma. Y debe considerar al ser humano como eje de las preocupaciones centrales teniendo presente, el respeto a la naturaleza. El paradigma en el desarrollo Sustentable es desarrollar estrategias e instrumentos para satisfacer los siguientes cinco requisitos [Brooks David, 1990][Ref. 3.5]:

1. Integración de la conservación y el desarrollo,
2. Satisfacción de las necesidades humanas básicas,
3. Logro de la igualdad y justicia social,
4. Autodeterminación social y diversidad cultural y,
5. Preservación de la integridad ecológica.

El principal reto para lograr el desarrollo sustentable esta en generar bienestar de la población de manera equitativa sin afectar en forma irreversible el ambiente; objetivo que bajo el sistema económico prevaleciente, es difícil de lograr en el corto plazo.

Entre los retos del desarrollo esta el de la marginación y la pobreza de una gran parte de la población. La concentración de la riqueza, tanto económico como de recursos naturales es una constante en el desarrollo de la sociedad, por lo tanto, para propiciar el desarrollo, este sólo será posible en la medida en que se disminuya esta concentración, propiciando una mayor equidad entre la sociedad.

Un aspecto, que en especial recalca en el análisis del desarrollo sostenible es la pobreza de la población, el crecimiento demográfico y la ubicación o distribución de la población. Otro aspecto, son las necesidades y manifestaciones culturales de los grupos minoritarios.

Combatir la pobreza, buscar la equidad, frenar el deterioro ambiental, armonizar los intereses de la sociedad para asegurar el futuro de las generaciones futuras, buscar integración dentro de los costos de producción el costo ambiental, todo en favor de la conservación de los recursos naturales y sobre todo, para el bienestar que les proporciona a las generaciones actuales y venideras.

3.3 Relación entre Economía y Medio Ambiente

3.3.1 El Papel de la Economía Ambiental

La economía ambiental sirve para reconocer las opciones de ordenación eficiente de los recursos naturales que facilitan el desarrollo sustentable. Es un puente esencial entre las técnicas tradicionales de adopción de decisiones y el análisis ambiental moderno. La economía ambiental nos sirve para incorporar aspectos ecológicos en el marco de la sociedad humana, como figura en la tabla 3.3.1

En el lado derecho del diagrama se indica el carácter jerárquico de la sociedad moderna. El nivel mundial y transnacional consta de Estados, naciones soberanas. En el siguiente se encuentran los distintos países, cada uno con una macroeconomía multisectorial. En cada país existen diferentes sectores económicos (como la industria y la agricultura). Por último cada sector esta constituido de distintos subsectores y proyectos.

Lamentablemente, no es posible llevar a cabo el análisis ambiental utilizando simultáneamente o directamente la estructura socioeconómica anterior. En el lado izquierdo de la tabla 3.1 hay un desglose ambiental en que las cuestiones se relacionan con: i) el nivel mundial y transnacional (por ejemplo, el cambio climático, el agotamiento de la capa de ozono); ii) el hábitat natural (por ejemplo, bosques y otros ecosistemas); iii) la tierra (por ejemplo, la zona agrícola); iv) los recursos hídricos (por ejemplo, la cuenca hidrográfica, el acuífero) y, v) el nivel urbano industrial (por ejemplo, la zona metropolitana, la cuenca atmosférica). En cada caso, en un análisis ambiental, se procuraría estudiar un sistema físico o ecológico en su totalidad. Pero las complicaciones surgen cuando tales sistemas naturales traspasan los límites de la estructura social humana. Por ejemplo, un ecosistema forestal (como el Amazonas) podría abarcar varios países e intercalarse también con muchos sectores económicos de cada país.

TABLA 3.3.1 Incorporación de Consideraciones Ambientales en el Proceso de la Toma de Decisiones

SISTEMA AMBIENTAL		INSTRUMENTOS Y MÉTODOS ANALÍTICOS		ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA	
Mundial				Internacional	
		EVALUACIÓN AMBIENTAL Impacto Físico, Biológico y Social			
Transnacional					
		ANÁLISIS ECONÓMICO			
Hábitat				Nacional	
Naturales	Valoración del impacto ambiental (nivel de proyectos)	Ordenación, integración de los recursos	Análisis Macroeconómico ambiental y contabilidad ambiental	Análisis económico ambiental mundial	Macroeconómico
Tierra					
ANÁLISIS ECONÓMICO CONVENCIONAL					
Agua	Evaluación de proyectos análisis costo-beneficio	Análisis subnacional y sectorial	Análisis macroeconómico nacional	Análisis económico internacional	Regional sectorial
ANÁLISIS FINANCIERO Y DE TECNO-INGENIERIA					
Urbano, industrial y aire				Proyecto Subsectorial	

Las causas de degradación ambiental dimanar de la actividad humana (salvo los desastres naturales y demás incidentes de origen no humano); y, por ello comenzamos en el lado derecho del gráfico. Luego es preciso buscar en el lado izquierdo cuales son los efectos físicos que tienen las decisiones socioeconómicas sobre el medio ambiente. Las técnicas de evaluación ambiental se han elaborado para facilitar este difícil análisis. Por ejemplo, la destrucción de un bosque tropical

húmedo primario puede ser causado por represas hidroeléctricas (política del sector energético), caminos (política del sector transporte), agricultura de corte y quema (política del sector agrícola), territoriales (política fiscal) y otros factores. Lo importante es realizar un análisis para desmarrañar estas múltiples causas (lado derecho) y sus efectos (lado izquierdo), tomar una decisión y asignar sus prioridades.

El proceso habitual de adopción de decisiones que figura en el lado derecho de la tabla 3.1 se basa en el análisis de ingeniería, financieros y económicos de proyectos y políticas. En particular, el análisis económico convencional se ha desarrollado bien en el pasado y utiliza técnicas como la evaluación de proyectos y el análisis costo beneficio, los estudios sectoriales y regionales, el análisis macroeconómico multisectorial y el análisis económico internacional (finanzas, comercio, etc.) en los distintos niveles jerárquicos.

En la tabla 3.3.1 también se indica como la economía ambiental desempeña un papel de puente, al colocar los resultados de la evaluación ambiental en el marco del análisis económico convencional. Este proceso de incorporar los aspectos ambientales en la adopción de decisiones tradicionales se facilita con una variedad de técnicas económicas ambientales, incluidas. La valoración del impacto ambiental (a un nivel local y de proyecto), la ordenación integrada de los recursos (a un nivel sectorial y regional), el análisis macroeconómico y la contabilidad ambientales (en el ámbito de toda la economía) y el análisis económico ambiental mundial y transnacional (en el ámbito internacional). Como las técnicas analíticas mencionadas se superponen, esta categorización conceptual no se debe interpretar con demasiada rigidez. Una vez completadas las etapas anteriores, los proyectos y políticas deben volverse a diseñar a fin de reducir su impacto ambiental y encauzar el proceso de desarrollo por el lado más sustentable.

En el ejemplo de la deforestación que se menciona antes, cabe suponer que la protección de este único ecosistema plantee problemas de coordinación de políticas en una gran cantidad de ministerios e instituciones sectoriales que (habitualmente) no colaboran entre sí (por ejemplo, energía, transporte, agricultura, industria, finanzas, etc.).

3.3.2 Acontecimientos Recientes

Si bien la teoría económica ambiental prosperó y su aplicación se extendió en todo el mundo desarrollado en los años setenta, la incorporación de los aspectos ambientales en la planificación del desarrollo es un fenómeno relativamente nuevo [Dasgupta y Maler, 1990][Ref. 3.6]. Gran parte de la literatura sobre las aplicaciones de la economía ambiental en los países en desarrollo surgió a partir de mediados de los años ochenta. En el informe Brundtland se reconoció el papel de la economía en el desarrollo Sustentable, tanto para determinar los costos de degradación ambiental en los países en desarrollo como para crear los incentivos adecuados para limitar tal degradación [CMMAD, 1987][Ref. 3.7].

Actualmente los encargados de adoptar decisiones de la mayoría de los países en desarrollo aceptan que la mala gestión del medio ambiente ha pasado a ser una barrera importante para el desarrollo. Dado que el desarrollo Sustentable incluye otros objetivos de largo plazo y gran prioridad como el crecimiento económico y la erradicación de la pobreza, los escasos recursos (naturales y artificiales) deben usarse con la mayor eficiencia posible. El enfoque convencional se basaba en los análisis sistemáticos de las decisiones económicas (en particular, las políticas de inversión y fijación de precios) que influían en la producción de bienes y servicios. Sin embargo, esta eficiencia económica es una condición necesaria pero no suficiente para el desarrollo sustentable.

En 1989 el Banco Mundial publicó sus directrices para evaluar el impacto ambiental de los proyectos, como *la culminación natural de muchos años de creciente inquietud respecto a la dimensión ambiental del desarrollo* [Banco Mundial, 1989][Ref. 3.8]. Así pues, el análisis ambiental se ha elevado al mismo nivel de importancia que los tres aspectos existentes de la evaluación de

proyectos: análisis financiero, económico y técnico. Sobre todo, la valoración del impacto ambiental permite incorporar efectivamente las consideraciones ambientales en las decisiones de proyectos.

3.3.3 Evaluación Convencional de Proyectos

La evaluación utilizada por el Banco Mundial en un típico ciclo de proyecto incluye varias etapas bien definidas: identificación, preparación, evaluación ex - ante, negociaciones y financiamiento, implementación y supervisión y la evaluación ex - post. El análisis de la evaluación con la que se procura determinar los costos y beneficios del proyecto, es el elemento fundamental en la etapa de estimación. Los beneficios se definen según la medida en que el proyecto contribuye al bienestar humano. Y los costos del proyecto se miden en función de los costos de oportunidad.

El análisis económico de un proyecto mide los efectos económicos en toda la economía, utilizando precios de cuenta que reflejan los costos de oportunidad. Las externalidades se evalúan en todos los casos en que sea práctico.

En el análisis de evaluación de un proyecto habitualmente se utilizan criterios bien conocidos como el VAE, VPN, TIR y la relación costo - beneficio.

En la actualidad las distorsiones provocadas por prácticas monopólicas, las economías, factores externos (como el impacto que no se interna en el mercado privado) y las intervenciones en el proceso de mercado mediante impuestos, derechos y subsidios de importación son todos factores que producen precios de mercado (o financieros) de bienes y servicios que pueden diferir substancialmente de sus precios de cuenta o sus verdaderos valores económicos. Esto exige el uso de precios de cuenta apropiados (en lugar de precios de mercado) para determinar las decisiones y políticas de inversión óptimas, especialmente en los países industrializados [ONU, 1972] [Ref. 3.9].

Hay dos tipos básicos de precios de cuenta, ya sean orientados a la eficiencia o a lo social. En pocas palabras, con el primer tipo se intenta establecer los valores económicos reales de insumos y productos, en tanto con el segundo se toma en cuenta que la distribución del ingreso entre los diferentes grupos sociales puede ser no coherente con los grandes objetivos nacionales. Para ello quizá se necesite hacer ciertos ajustes, por ejemplo, dar mayor ponderación a los beneficios y costos devengados que obtienen los pobres respecto de los ricos. Sin embargo, estos esquemas formales de ponderación raras veces se usan en la evaluación de proyectos.

3.4 La Incorporación de Impacto Ambiental en el Proceso de Evaluación

3.4.1 Valoración Económica del Medio Ambiente

La valoración de los recursos naturales para un propietario, se apoya fundamentalmente en dos elementos clave:

1. La rentabilidad que le daría la explotación del recurso.
2. La rentabilidad que obtendría realizando su valor (vendiéndolo) e invirtiendo lo que se ha obtenido.

Desgraciadamente las cosas no son tan sencillas. Y ello por tres motivos.

- En primer lugar, debido al hecho de que muchos recursos naturales, por ser propiedad común y se caracterizan por el libre acceso, *carecen de precio*. Por ello, la explotación óptima de los recursos esta ausente: es difícil conocer cual es su rentabilidad cuando ni siquiera se tiene precio. Además, el precio que se necesitaría sería el valor que tiene para la sociedad, y no exclusivamente para su propietario: las funciones del medio ambiente tienen la propiedad de ser bienes colectivos. La ausencia de precio (que no de valor) lleva a la sobreexplotación y degradación correspondientemente vista.

- En segundo lugar, un problema adicional aparece con aquellos recursos naturales, que aun teniendo precio (como los bosques privados), generan una serie de externalidades positivas que no quedan reflejadas en él. La rentabilidad que obtiene el dueño de un bosque a partir de la explotación del mismo no recoge los beneficios que para la sociedad representa la existencia de dicho bosque y su conservación: una serie de externalidades positivas que, sin embargo, no quedan incluidas en su precio de mercado.
- En tercer lugar, no se puede tener información relativa a la tasa de interés, y aunque aceptáramos que hay un tipo de interés y que refleja adecuadamente el costo de oportunidad del capital en la economía, no hay razón para creer que representa la preferencia temporal de la sociedad: su valoración relativa del futuro con respecto al presente.

Tomando en cuenta estos tres problemas es necesario proceder a la valoración de los recursos naturales: ponerles un precio que refleje todos los beneficios que la sociedad obtiene de su existencia o de su explotación, a menos que dejemos que el mercado, una vez creado, el que lo haga.

Como señala David Pearce, 1991][Ref. 3.10] el medio ambiente en general, cumple al menos tres funciones que son valoradas positivamente en la sociedad:

1. Forman parte de la *función de la producción* de gran cantidad de bienes económicos (agua, aire, tierra, etc.).⁶
2. Proporcionan *bienes naturales* (paisajes, parques, etc.), cuyos servicios son demandados por la sociedad.
3. Actúa como *receptor de residuos y desechos* de todas clases, tanto de la actividad productiva como consuntiva de la sociedad.

"Valorar económicamente los recursos naturales significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad que permita compararlos con otras posibilidades alternativas" [Azqueta Diego, 1994][Ref. 3.11]

La naturaleza tiene una serie de valores instrumentales para el ser humano incluidas las generaciones futuras: valores de uso, de opción y de existencia. Por lo tanto, el ser humano es el que da valor a la naturaleza, a los recursos naturales y medio ambiente en general. Así también, el medio ambiente y algunos recursos naturales críticos, son propiedad de toda la humanidad y que ha de expresar su valoración de los mismos. Incluyendo las generaciones futuras.

Hay dos tipos de casos para expresar los valores. Uno, vía preferencias individuales, es decir, dejando que el individuo exprese la consideración que le merecen dichos bienes o recursos naturales, haciéndolo individualista y de mercado, generando muchas críticas. Y dos, Vía preferencias colectivas, en donde existe toda una serie de cuestiones sobre el medio ambiente y los recursos naturales, cuya solución sería arriesgado dejar en manos de un proceso de expresión de preferencias individuales y por que involucra a otros colectivos que no pueden expresar su opinión, por ejemplo, las generaciones futuras. Estas preferencias buscan que cada persona se comporte como ciudadano (miembro de un grupo social) y que canalice sus preferencias a través de las normas sociales. En este caso, no son los individuos como tales los que toman las decisiones, sino un grupo que se basa en las preferencias de sus componentes.

3.4.2 Valoración de los Costos y Beneficios Ambientales

Determinar el impacto ambiental de un proyecto es el primer paso para incorporar los aspectos ambientales en el proceso de adopción de decisiones económicas. Este impacto biológico, físico y

⁶Se suele llamar vectores ambientales al aire, el agua y el suelo, por que son los portadores de los efectos, derivados de ciertas causas, hacia los últimos receptores: el hombre, la zona o territorio y la atmósfera.

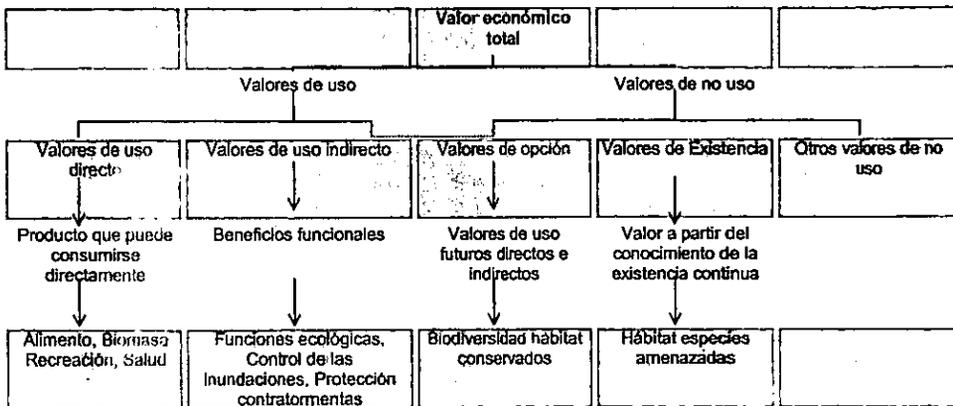
social se determina comparando los escenarios "con" y "sin" el proyecto ambiental. Para ello el economista deberá basarse en los conocimientos de ingenieros, biólogos, ecologistas, agrónomos, sociólogos y demás expertos. La valoración económica del impacto ambiental es el segundo paso para tomar en cuenta el medio ambiente. A fin de determinar el efecto que tienen estos cambios en el bienestar, se ha elaborado una serie de conceptos de valor y técnicas de valoración práctica.

Conceptos básicos del valor económico y clasificación de las técnicas de valoración

Conceptualmente el valor económico total (VET) de un recurso consta de su valor de uso (VU) y su valor de no uso (VNU). Los valores de uso se pueden desglosar a su vez en el valor de uso directo (VUD), el valor de usos indirecto (VUI) y el valor de opción (VO) (valor de uso potencial). Una categoría importante del valor de no uso, es el valor de existencia (VE). Podemos escribir:

$$VET = VU + VNU \text{ o } VET = [VUD + VUI + VO] + [VNU]$$

TABLA 3.4.1 Categorías de Valores Económicos Atribuidos al Patrimonio Ambiental



→ "Tangibilidad" decreciente del valor para el individuo
Fuente: Adaptación de pearce (1991)

En esta tabla 3.4.1 se muestra la degradación del VET en forma esquemática. Debajo de cada concepto de valoración se da una breve descripción de su significado y algunos ejemplos típicos de los recursos ambientales que corresponden al valor considerado. Así, el valor de uso directo esta determinado por la contribución que un patrimonio ambiental hace a la producción o consumo actuales. El valor de uso indirecto incluye los beneficios derivados básicamente de los servicios funcionales que presta el medio ambiente para mantener ese nivel de producción y consumo. El valor de opción es la disposición a pagar hoy sobre la base sobre el beneficio futuro que se derivará de un patrimonio sin utilizar, cuando se ejerza la opción de usarlo [Bishop, 1982][Ref. 3.12]. El valor de existencia surge de saber que el patrimonio existe, aunque el evaluador no tenga intención de usarlo.

TABLA 3.4.2 Clasificación de las principales técnicas de valoración

	Mercado convencional	Mercado implícito	Mercado Hipotético
Sobre la base del comportamiento real	<ul style="list-style-type: none"> * Efecto sobre la producción * Efecto sobre la salud * Costo preventivo 	<ul style="list-style-type: none"> * Costo de viaje * Diferencias salariales * Valores de la propiedad * Bienes sustitutos 	* Mercado artificial
Sobre la base del comportamiento artificial	<ul style="list-style-type: none"> * Costo de reemplazo * Proyecto sombra 		* Valoración contingente

De acuerdo con la tabla 3.4.2 los **efectos directos en mercados convencionales** se basan en cómo un cambio de la calidad ambiental afecta directamente a la producción vinculada con el mercado real.

Efecto sobre la producción: Una decisión de inversión suele tener un impacto ambiental que a su vez afecta a la cantidad, calidad o costos de producción de una gama de productos.

Efectos sobre la salud: Se basa en el impacto que causan la contaminación y degradación ambiental en la salud. Una medida práctica aplicable es el valor del producto humano que se pierde debido a la mala salud o a la muerte prematura. La pérdida de ingresos netos potenciales (llamada técnica de capital humano) es un sustituto del producto perdido, a lo que pueden agregarse los costos de atención de la salud o prevención. Esta medida supone que los ingresos reflejan el valor del producto marginal y que los costos de tratamiento médico están bien definidos. Esta técnica intenta evitar polémicas éticas relativas a la valoración de una sola vida, procurando en cambio valorar la probabilidad estadística de la mala salud o de la muerte (semejante a los valores actuariales utilizados por las compañías de seguros de vida).

Además, los gobiernos y las autoridades sanitarias habitualmente establecen prioridades y gastos de salud que afectan al bienestar humano, lo que a su vez sirve de base para determinar los valores implícitos que la sociedad atribuye a distintos riesgos de salud.

Costos Preventivos. Con frecuencia las comunidades o individuos pueden haber incurrido voluntariamente en gastos para mitigar o revertir el daño causado por un impacto ambiental adverso. Por ejemplo, si el agua potable está contaminada, es posible que se necesite filtrarla o purificarla con productos químicos. Estos gastos preventivos podrían considerarse un cálculo mínimo de los beneficios de la mitigación. La ventaja de esta técnica es que los desembolsos preventivos (ya realizados) son más fáciles de determinar que el valor del daño al ambiente original.

Los gastos directos en mercados convencionales son las técnicas con las que se podrían valorar las medidas futuras en mercados convencionales para obtener un grado de degradación ambiental, siempre que haya bastante seguridad de que se adoptarán tales medidas.

Costo de reemplazo y proyecto sombra. Si es probable que en el futuro se sustituya un recurso ambiental dañado por otro patrimonio que preste servicios equivalentes, luego los costos de reemplazo pueden servir de sustitutos del daño ambiental. Asimismo, el proyecto sombra su objetivo es contrarrestar el daño ambiental que causa otro proyecto. El proyecto original y el proyecto sombra forman juntos un paquete sustentable para mantener ciertas reservas vitales de recursos ambientales. Por ejemplo, si el proyecto original es una represa que inunda terrenos forestales, entonces el proyecto sombra podría hacer una replantación de una superficie equivalente de bosque en otro sitio.

La valoración utilizando mercados implícitos. Con frecuencia no se dispone de los datos del mercado directamente utilizable para evaluar los recursos ambientales. En muchos de estos casos, el análisis de datos de mercado indirectos (por ejemplo, utilizando métodos estadísticos y econométricos) permite la valoración en forma implícita.

Costo de viaje. Este método intenta determinar la demanda de un lugar recreativo (por ejemplo, número de visitas por año a un parque), como una función de variables como el ingreso del consumidor, el precio y diversas características socioeconómicas.

Valor de la propiedad. En zonas donde existen mercados que en cierta medida compiten por la tierra, es posible desglosar los precios de bienes raíces en componentes atribuibles a diferentes características, como el tamaño de la casa y el terreno, la proximidad a escuelas, tiendas y parques, y otras.

Diferencias salariales y Bienes sustitutos. El método intenta relacionar los cambios de una variable de precio económico con las condiciones ambientales. El supuesto básico es que hay algún componente del salario que esta determinado por el peligro ambiental asociado al puesto o al lugar del trabajo. El método de bienes es útil cuando un bien o servicio ambiental no tiene un valor de mercado determinado, pero existe un sustituto cercano que sí tiene un precio competitivamente establecido.

La valoración utilizando mercados hipotéticos es cuando la información de mercado no puede usarse directa o indirectamente, es preciso deducir un comportamiento similar al del mercado mediante la ficción o simulación.

Mercado artificial. Tales mercados se construyen con fines experimentales, para determinar la disponibilidad a pagar (DAP) del consumidor por un bien o servicio. Por ejemplo, un equipo de purificación de agua para el hogar podría comercializarse a distintos precios facilitando así el correspondiente calculo del valor que las personas dan a la pureza del agua.

Valoración contingente. Cuando el comportamiento del mercado no es observable, el método de valoración contingente (MVC) formula preguntas directas a particulares para determinar cuanto estarán dispuestos a pagar (DAP) por un recurso ambiental, o cuanta compensación estarían dispuestos a aceptar (DAA), si se vieran privados de tal recurso.

Para saber que método es el que más conviene para determinar la mejor alternativa depende del tipo de situación que haya que tomar la decisión. La ventaja de los modelos de decisión de objetivos múltiples es que permiten una representación más exacta de los problemas de decisión, ya que pueden tomar en cuenta varios objetivos. Si embargo, con frecuencia los distintos grupos interesados asignaran diferentes prioridades a sus diferentes objetivos. Otra desventaja es que en los países en desarrollo son pocas las aplicaciones con consideraciones ambientales.

Es importante aclarar que ésta metodología es sólo una de las muchas técnicas de valoración ambiental planteadas en el mundo, y que por su generalidad y estructura, permite desglosar y explicar fácilmente el problema de la cuantificación ambiental. Estos estudios de valoración de costos y beneficios ambientales aquí planteados sirven como antecedentes para la concepción de la incorporación del problema ambiental a la evaluación de proyectos. El banco Mundial por medio de estos métodos ha tratado de informar a muchos países, la forma con la cual podrían valorar y reasignar recursos, sustituir elementos que causen daños al medio ambiente y revertir esos daños causados por un impacto adverso. Hay que aclarar que ésta concepción generalizada permite entender el problema de valorar elementos sin valor (monetario) y la realización de una metodología, pero que, estarán determinadas por el tamaño y tipo de problema, establecido por un determinado grupo social.

CAPITULO IV METODOLOGIA DE LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL

Los problemas ambientales son tan antiguos como el hombre. Lo que es nuevo es su escala, su dimensión. El concepto medio ambiente tuvo en los años setenta dos acepciones bastantes claras, según se aplicaran en los países industrializados o en los países subdesarrollados. En los primeros la temática ambiental se concentraba casi exclusivamente en los aspectos de contaminación, o sea que, los problemas ambientales tenían un carácter tecnológico. En cambio en los países en vías de desarrollo, el concepto era mucho más amplio y de carácter socioeconómico y político más que tecnológico.

Por otra parte, el dilema entre la protección del medio ambiente y el crecimiento económico incide de forma realmente importante en las grandes realizaciones de la industria y provoca notables conflictos sociales. Esto es particularmente cierto en las actividades relacionadas con el sector de la energía

Por lo tanto, es evidente la necesidad de tener un conocimiento y disponer de una información veraz, y lo más completa posible, sobre la incidencia de una serie de proyectos industriales, urbanos, turísticos o de obras públicas en el medio ambiente, con el objeto de juzgar y sopesar realmente si los efectos de los proyectos en el medio son o no importantes, si son perjudiciales o beneficiosos y, en especial si la comunidad esta dispuesta a admitir las consecuencia que pueden derivarse de su realización y puesta en marcha.

Antes de entrar en el tema de las evaluaciones de impacto ambiental, es conveniente señalar sus componentes:

- a) el medio ambiente natural y
- b) el medio ambiente social

El medio ambiente natural está constituido por cuatro sistemas interrelacionados: la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera y la biósfera, de la cual forma parte el hombre.

El medio ambiente social queda definido por el conjunto de infraestructuras materiales construidas por el hombre y los sistemas sociales e institucionales que ha creado. El medio social define la forma en que las sociedades humanas se han organizado y funcionan para satisfacer sus necesidades básicas.

Estas comprenden en general las *necesidades físicas* (alimentación, salud, vivienda y vestido) y *necesidades sociales* (educación, trabajo, libertades individuales y participación en el sistema social). (Figura 4.1.1)

4.1 Definición en las Evaluaciones de Impacto Ambiental

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en un medio o en alguno de los componentes del medio. Por lo tanto la variable fundamental en estos estudios es la calificación de la alteración.

Por otra parte, en la definición de impacto ambiental se abarcan dos grandes áreas: el medio natural y el medio social, destacando dos aspectos:

- a) el ecológico, principalmente orientado hacia los estudios de impacto físico, y
- b) el humano, que contempla las facetas sociopolíticas, socioeconómicas y culturales.

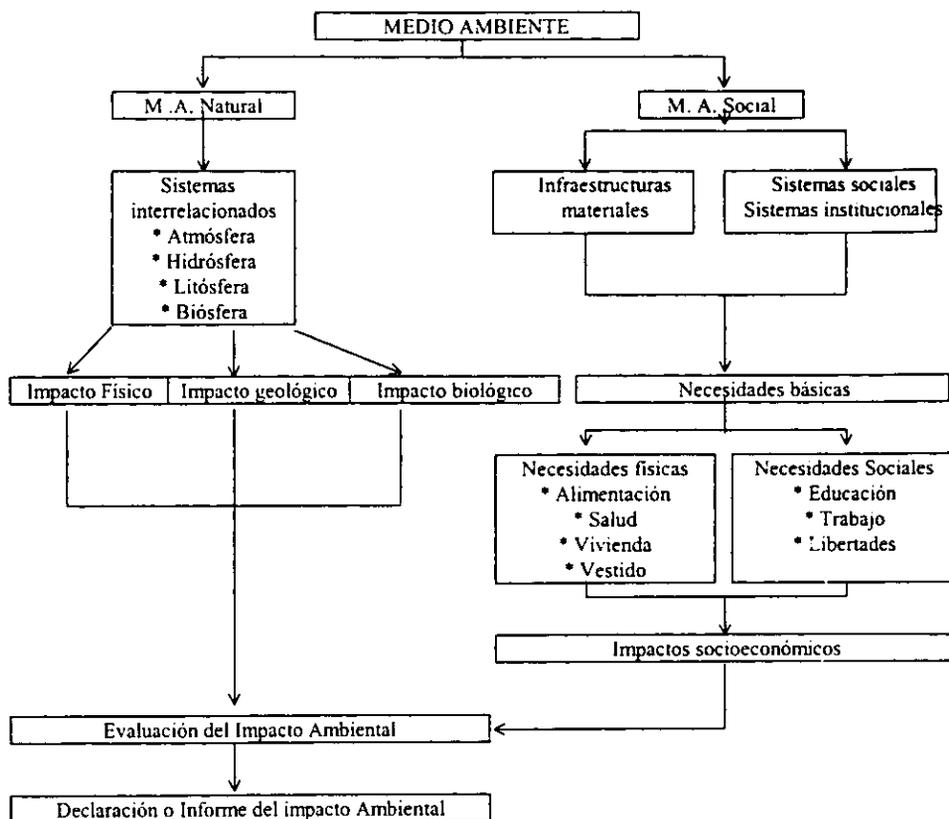


Figura 4.1.1 El Medio Ambiente Considerado Desde el Ángulo de los Impactos Ambientales

Ambos aspectos plantean la cuestión de los efectos a largo plazo sobre los ecosistemas naturales, que son parte integral de la biósfera y la existencia del hombre.

Por consiguiente en los estudios de impacto ambiental se trata de evaluar las consecuencias de una acción, para ver la calidad del ambiente que habría con o sin dicha acción. Tales evaluaciones deben realizarse en la fase previa al proyecto, antes de que éste se realice.

En definitiva se aplica el concepto de evaluación de impacto ambiental a un estudio encaminado a identificar, interpretar y prevenir las consecuencias que acciones o proyectos determinados pueden causar a la salud, al bienestar humanos y a los ecosistemas en que el hombre vive y de los que depende.

Los estudios de impacto ambiental, tal como se vienen realizando, son complejos y muy académicos. A mi juicio, es quizá aquí donde reside el fallo actual, por que las evaluaciones de impacto se realizan para que sirvan de herramienta, de documentación de base en que pueda

apoyarse el ejecutivo en la toma de decisiones. Por lo tanto, la evaluación debe ofrecer al ejecutivo, ideas claras y concretas, en forma sencilla y con una serie de alternativas valoradas.

También, dentro de las evaluaciones de impacto ambiental se debe incluir en algunas decisiones o acciones políticas, por ejemplo, la promulgación de un plan energético nacional.

4.1.1 Tipos de Evaluación

Las evaluaciones de impacto ambiental pueden aplicarse total o parcialmente:

- I. a distintas alternativas de un mismo proyecto
- II. a distinto grado de aproximación (estudios previos, estudios detallados), y
- III. a distintas fases del proyecto (preliminar, construcción, operación)

Por otra parte, pueden contemplar el impacto global o sólo impactos parciales:

- I. Evaluación de impacto físico parcial (por ejemplo, considerando sólo el vector aire, el vector agua, etc.).
- II. Evaluación completa del impacto físico, que abarcaría la consideración de todas las posibles degradaciones.
- III. Evaluación de impacto geobiofísico y social (contemplando todo el ecosistema en que se encuentra el proyecto).
- IV. Evaluación completa, añadiendo al punto anterior una evaluación económica con base a estudios coste-beneficio u otras técnicas económicas de evaluación.
- V. Finalmente se podrá hacer una evaluación de tecnología.

En cierto modo los cinco tipos de evaluaciones no son más que una indicación secuencial del mismo estudio.

4.1.2 Estudios Parciales

Los trabajos descritos en el punto anterior, hechos en forma global, son los propiamente llamados "evaluaciones de impacto ambiental" (E.I. A.), pero este término también se aplica a estudios más frecuentes y que no son tan estrictos en el sentido del contenido que debe tener una evaluación. Se trata de proyectos ya definidos y localizados en un lugar en concreto. En estos casos el contenido y la metodología del estudio son distintos y se trata de alcanzar los siguientes objetivos:

- a) evaluación del medio en estado preoperacional o estado cero (o sea valoración de los niveles de alteración existentes, llamada "contaminación de fondo");
- b) evaluación del impacto neto: estudio de medidas correctoras e instrumentos de control;
- c) incidencia del proyecto en el medio: determinación de los impactos netos;
- d) cálculo de la capacidad de absorción de tal impacto por el medio, y
- e) aceptación del proyecto en su situación actual o introducción de mejoras.

Otro tipo de estudio de evaluación de impacto ambiental parcial es el que estudia varias alternativas y los impactos geobiofísicos, pero sin hacer valoración económica alguna del costo social del proyecto.

4.2 Factores Ambientales

Se pueden definir como factores ambientales las consecuencias ambientales de la puesta en marcha del proyecto ya sea en sus fases de construcción, de operación o a largo plazo. Hay que considerar los agentes y los receptores del impacto ambiental.

Puede haber muchas clasificaciones, pero en general los factores son:

- a) factores correspondientes al impacto geobiofísico
- * *Contaminación y características de la atmósfera*
-partículas sólidas

- gases
- vapores
- humos
- aerosoles
- sustancias mal olientes
- calidad
- alteración del clima.

* *Contaminación y características de las aguas continentales, subterráneas y marítimas*

- factores que afectan la cantidad
 - caudal
 - variaciones de flujo.
- factores que afectan la calidad

Físicos

- temperatura
- turbidez
- densidad
- viscosidad
- sólidos disueltos y en suspensión
- color, olor y sabor

Químicos inorgánicos

- oxígeno
- hidrógeno, nitrógeno, fósforo
- metales alcalinos, azufre, halógenos
- carbono inorgánico, sílice, metales pesados

Químicos orgánicos

- Biodegradables: hidratos de carbono, grasas y proteínas
- No-biodegradables: Pesticidas, detergentes, hidrocarburos y petroquímicos

Biológicos

- Organismos patógenos
- Organismos eutrofizantes

* *Otros*

Suelo

- Erosión, deposición, sedimentación
- Contaminación por residuos sólidos, líquidos o gaseosos
- Alteración de la cubierta vegetal, otros.

Ruido

-Ruidos que pueden molestar el desarrollo normal de la convivencia, o producir años fisiológicos en los seres humanos y animales.

Ecosistema

- Alteraciones en el ecosistema, especialmente en su biocenosis (flora y fauna).

b) Factores correspondientes al impacto socioeconómico

* *Territorio*

- Uso inadecuado del territorio y de los recursos naturales.
- Cambios y modificaciones de territorio.
- Sustracción del territorio.
- Expropiaciones de terreno.

* *Alteración del paisaje*

- Destrucción o alteración de sistemas naturales

* *Aspectos socioculturales*

- Destrucción o modificación de aspectos culturales, históricos, ect.
- Congestión urbana y de tráfico.

- Alteración de los sistemas o estilos de vida.
- Demografía.
- Empleos o trabajo durante la construcción del proyecto
- Variaciones en los terrenos.
- Incrementos económicos.
- Lugares históricos - artísticos que pueden quedar afectados.
- Vivienda e infraestructura sanitaria.
- Servicios comunitarios y equipamiento urbano.
- Otros.

Los factores físicos e biofísicos son los más importantes en volumen y en la producción de efectos; de ahí que los impactos que producen se les hayan llamado "primarios". Son los más sencillos en determinar. En cambio, los aspectos sociales, económicos y políticos en un proyecto sólo se han considerado secundariamente, y como fruto de efectos inducidos. Por eso se les llama "impactos secundarios".

Los impactos económicos se van estimando con dificultad, pero cada vez son más ajustados.

El impacto social es difícil de calificar por que casi no hay instrumentos de análisis y medida.

El impacto político sería más sencillo de determinar, una vez conocidos los dos anteriores, puesto que es resultado de consideraciones sociales y económicas.

En general, hay un conflicto que se plantea muchas veces por que hay un enfrentamiento entre los derechos individuales y los derechos de la colectividad. Es evidente que en las áreas rurales se agudiza el problema de los derechos individuales.

4.3 Relación del Proyectos que Requieren (E.I.A.)

¿Cuales son los proyectos que pueden alterar o afectar la calidad del medio ambiente humano y que necesita de una (E. I. A.)?

No hay pautas concretas que permitan responder esta pregunta, puesto que depende generalmente de varios factores. Sin embargo, para establecer los primeros criterios de selección para realizar la evaluación, se consideran tres principalmente:

- a) impacto físico (cualitativo y cuantificativo)
- b) extensión de la zona del proyecto, y
- c) utilización de recursos naturales.

Los tipos de proyectos en los que necesita una evaluación de impacto ambiental son los siguientes:

Acciones

- Elaboración y puesta en marcha de un plan energético nacional
- Elaboración y promulgación de leyes de protección ambiental
- Implantación de determinadas industrias en donde se utiliza los recursos naturales (papeleras, siderurgia, etc.)
- Proyectos globales de desarrollo regional.

Proyectos de desarrollo urbano, planes sectoriales y de gestión de recursos naturales

- Localización de nuevas ciudades
- Trazado de autopistas y carreteras
- Trazado de líneas eléctricas de alta tensión
- Trazado de oleoductos y gasoductos
- Aeropuertos.

Proyectos de desarrollo agrario

- Desarrollo ganadero y agrícola
- Nuevos regadíos
- Repoblación forestal.

Proyectos de desarrollo industrial

Las evaluaciones de impacto ambiental son necesarias especialmente cuando se trata de industrias básicas, puesto que son las que producen un mayor impacto socioeconómico por su magnitud y por la gran utilización de recursos naturales. Y como la industria básica es la que realmente contamina, es preciso cuidar su impacto. Entre las industrias cabe citar las siguientes:

Industrias de la energía

- Centrales térmicas convencionales y nucleares
- Fabricas de gas manufacturado
- Destilación en seco de carbones y maderas
- Refinerías y extracción de petróleo.

Minería

- Tostación, calcinación, aglomeración y sinterización de minerales.

Siderurgia y fundición

- Siderurgia integral, Aglomeración y parque de minerales
- Producción de arrabio en hornos altos
- Acerías de oxígeno
- Fabricación y afinado de acero en hornos y por inyección.

Metalurgia no ferrosa

- Producción de aluminio, plomo, zinc y cobre por horno, fusión y destilación.
- Producción de cadmio, cromo, magnesio, estaño y mercurio por electrólisis.

Industrias químicas

- Producción de fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

Industria inorgánica

- Fabricación y producción de gases, halógenos, fluoruros, cloruros, azufres y ácidos

Industria orgánica

- Producción de hidrocarburos y grafitos.

Pastas de papel

- Fabricación de celulosa y pastas de papel.

Industria alimentaria

- Cervecerías, azucareras, lácteas
- Conservas vegetales y cármicas
- Producción de harina y aceites de pescado.

Industria textil

Industria de la madera y corcho

Industria de piel, cuero y calzado

Industria de café, cacao y tabaco

Industria de materiales para construcción

Industrias fabriles y actividades diversas

Actividades agroindustriales

4.4 Principios y Procedimientos para la Realización de los (E. I. A.)

En cualquier caso en que se hagan evaluaciones de impacto, el estudio debe girar en torno a cuatro puntos:

- a) identificación causa - efecto
- b) predicción o calculo de los efectos y magnitud de los indicadores de impacto
- c) interpretación de los efectos ambientales
- d) prevención de los efectos ambientales.

Casi todos los estudios suelen empezar por considerar el impacto físico a través de los vectores de aire, agua y suelo, es decir, los referentes a la contaminación atmosférica, contaminación de las aguas y degradación o alteración del suelo.

Los pequeños impactos físicos disminuyen los impactos geobiofísicos y los socioculturales que pueden surgir como consecuencia de una degradación ambiental considerable.

a) Indicadores de impacto ambiental

Los indicadores de impacto ambiental son los elementos o parámetros que proporcionan la medida de la magnitud del impacto, por lo menos cualitativamente, y si es posible cuantitativamente.

Algunos indicadores pueden indicarse numéricamente (por ejemplo, los datos estadísticos de mortalidad). Otros emplean "muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno, excelente"; o simplemente, "aceptable, no aceptable o rechazable".

La adopción de indicadores de impacto y su selección es punto fundamental de los trabajos de evaluación.

Los indicadores de impacto más sencillos de utilizar y más concretos son las normas o estándares de calidad del aire, el agua, el ruido, etc., especialmente cuando están aprobados por una legislación.

Una vez que se han establecido los indicadores de impacto, sus escalas y dimensiones, o unidades de medida, deben calcularse sus valores para cada proyecto (en cada alternativa) y en distintos periodos, si es posible a corto, medio y largo plazo.

Otro punto difícil en estos trabajos - quizás el más difícil de todo el estudio- es asignar un determinado peso o importancia a los indicadores de impacto, o sea su ponderación.

b) Las evaluaciones de tecnología

Estas evaluaciones son un paso más avanzado. El objetivo fundamental de tales evaluaciones es el reducir previamente la emisión y el vertido de residuos, es decir, la contaminación, al principio del proceso y no al final de la línea. Estas son las llamadas "tecnologías limpias" [CIFCA, 1991][Ref. 4.1], sin residuos. Con ello disminuye el impacto físico y minimiza la mayor parte de los otros impactos (biológicos y socioculturales).

Algunos de sus fines son: realizar alternativas de tecnología, estimar y comparar los impactos que pueden producir las distintas tecnologías, presentar estudios completos de este tipo a las autoridades.

c) Los procedimientos

Aunque las evaluaciones de impacto se han realizado en mayor medida en los países industrializados, tienen la misma aplicación en los países en vías en desarrollo, e incluso quizás más en estos últimos.

Por otra parte, en este tema no se puede generalizar, por que lo que puede no ser aceptable en un país o región, resulta muy conveniente en otros para la realización de un proyecto. Y que el objetivo principal es el de la optimización del uso de un territorio y, conexo con ello, el de la optimización de los recursos.

Hay que insistir que estas evaluaciones deben hacerse por iniciativa de los promotores de los proyectos, ya sea la administración pública o las entidades privadas; y no sólo porque haya unas exigencias legales que pidan tales estudios.

Existen puntos muy importantes que hasta la fecha no se han resuelto totalmente, por ejemplo, los procedimientos administrativos, los mandatos legales; la determinación de quien va a ser el promotor de estos estudios; los objetivos del planificador; las responsabilidades de cada uno en el enjuiciamiento de los resultados de estas evaluaciones; las decisiones del ejecutivo; el alcance de los estudios; el momento de su ejecución, etc..

4.5 Metodologías

En primer lugar hay que referirse a dos tipos de proyectos:

- a) los que pueden producir pequeños impactos, y
- b) los que pueden provocar grandes impactos.

El que puedan producir pequeños o grandes impactos, tampoco está relacionado con que se trate de grandes o pequeños proyectos, en cuantía de inversiones.

Los métodos para evaluar el impacto ambiental son muy diferentes en un caso u otro. La magnitud del impacto puede deducirse de un estudio general y breve del proyecto, en una evaluación preliminar que debe hacerse siempre, puesto que se opera con aproximaciones sucesivas.

En conjunto, se trata de analizar un sistema que está constituido por los sistemas ecológicos naturales por una parte, y por otra, por una serie de acciones tecnológicas del hombre. Para ello se requiere encontrar un modelo que represente el comportamiento del sistema, aunque sea en escala reducida.

Un modelo no es más que una representación física o matemática - o en lo mejor de los casos físico- matemática -, que produce las características y condiciones de un ecosistema real de modo que, analizando esta información y las interacciones existentes, podamos llegar a la percepción y comprensión del comportamiento del sistema.

Es evidente que los modelos matemáticos son un reflejo, expresado en ecuaciones y fórmulas matemáticas, de modelos intuitivos elementales de nuestra imagen del funcionamiento de nuestro universo y - lo mismo que las evaluaciones de impacto ambiental- tienen por objeto efectuar una predicción.

Los modelos pueden ser dinámicos o estáticos, según la variable tiempo se introduzca o no en ello en determinadas condiciones.

La primera fase de la construcción de un modelo matemático es la delimitación del sistema, o sea acotar el ecosistema en un sentido espacial y también en el temporal: el llamado universo de análisis y la determinación de las unidades territoriales comprendidas o estudiadas por el modelo.

El segundo paso es determinar la magnitud del impacto. La metodología será muy distinta, en cuanto al alcance y profundidad de la evaluación, si el impacto es grande o pequeño. Para ello se realiza un estudio preliminar, sencillo, que dará enseguida una idea muy clara de aquella magnitud.

4.5.1. Proyectos con Impacto Pequeño

En este caso es conveniente llevar a cabo las siguientes operaciones, y de forma muy sencilla, mediante el estudio de estos aspectos.

- a) características del proyecto o propuesta;
- b) condiciones y características del territorio afectado por el proyecto;

- c) salvaguardas incluidas en la propuesta para el control de la contaminación y protección del entorno ambiental;
- d) aspectos del proyecto que pueden alterar el medio ambiente, y
- e) aspectos que pueden afectar adversamente al medio ambiente y razones que expliquen la imposibilidad de evitar esos efectos.

Un caso muy sencillo es el de proyectos con un determinado impacto físico perfectamente conocido y controlable. En tal caso basta comprobar si existen las medidas correctoras oportunas, si son idóneas y suficientes, y si está garantizado su funcionamiento continuo. Por ejemplo, una industria cementera, que es por sí muy contaminante con la emisión de polvos. Ahora bien, como este sector es muy conocido y hay tecnología correctora totalmente eficaz, la evaluación puede reducirse a verificar si las medidas correctoras se aplican; a asegurarse de que no se van a sobrepasar los límites tolerables y a imponer en el procedimiento administrativo de autorización condiciones de protección ambiental.

4.5.2 Proyectos con Grandes Impactos

Cuando se trata de proyectos con grandes impactos, la evaluación debe incluir lo siguiente:

- Descripción general del proyecto y justificación del mismo;
- Alternativas;
- Previsión a mediano y largo plazo;
- Descripción del proyecto en sus aspectos físicos, con una predicción de la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales (positivos y negativos); descripción de medidas correctoras previstas para reducir o evitar la contaminación;
- Identificación de los problemas humanos;
- Estudio del entorno ambiental: factores sociopolíticos, económicos y geobiofísicos;
- Lista de indicadores de impacto, así como métodos utilizados, y

Evaluación de las magnitudes de los indicadores de impacto y del impacto total del proyecto y sus alternativas.

La evaluación puede terminar aquí o continuar con dos pasos más, que serían:

- Recomendaciones para la aceptación de acciones correctoras, y
- Propuesta o recomendación de los métodos de inspección y control a seguir durante la construcción y en funcionamiento del proyecto.

La documentación final que se elabore como resumen de todo el estudio no debe ser demasiado simple, pero tampoco complicada. Debe ser suficiente para que a la vista de ella se pueda proceder a la toma de decisiones.

4.6 Los Métodos

Las evaluaciones de impacto ambiental nacieron en los Estados Unidos, como consecuencia de la ley nacional de política ambiental (*National Environmental Policy Act-NEPA*) del 1º de enero de 1970. Es donde se han hecho más trabajos de este tipo y, por consiguiente, donde se han desarrollado más metodologías para los mismos. Hasta la fecha se han preparado más de cincuenta, pero ninguna de ellas tiene una dimensión ni carácter universal. Aunque existe una gran cantidad de modelos, son pocos los que están sistematizados.

Una evaluación de impacto ambiental debe abarcar los siguientes aspectos (figura 4.6.1):

1. describir la acción y alternativas propuestas
2. predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales
3. predecir los aspectos humanos
4. interpretar los resultados
5. prevenir los efectos ambientales nocivos

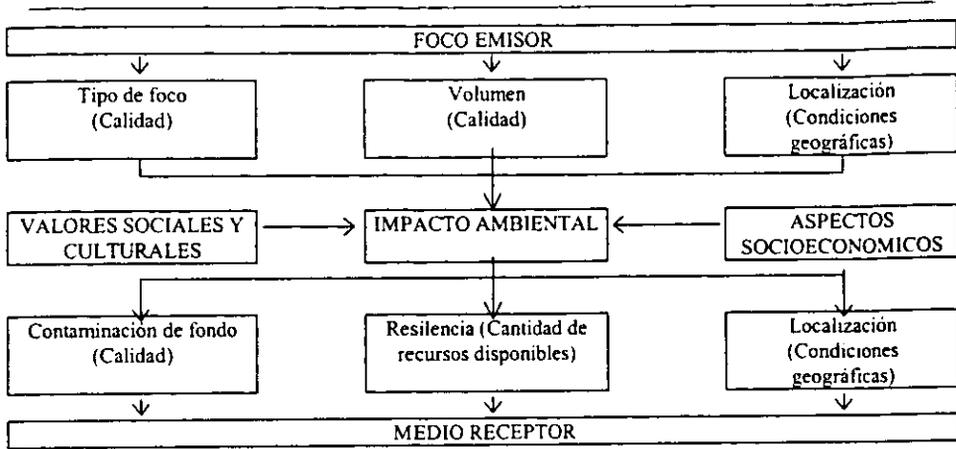
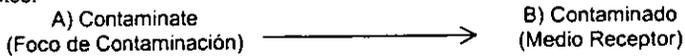


FIGURA 4.6.1 Modelo Analítico Simplificado

Para poder entender más fácilmente la figura 4.6.1, hay que tener en cuenta la interrelación entre dos elementos:



Esto quiere decir, que para definir la naturaleza y la dimensión exactas de un impacto físico, así como para prevenir o reducir los efectos, hay que conocer los efectos.

Entre los métodos y procedimientos seguidos para la evaluación están:

- los métodos de intensificación
- los métodos de predicción
- los métodos de interpretación
- los métodos de prevención.

Dentro de los métodos de identificación más utilizados están:

- a) listas de chequeo, que son listas de factores ambientales e indicadores de impacto;
- b) las matrices causa-efecto, que relacionan unas listas de acciones humanas con las listas de factores ambientales;
- c) diagramas de flujo, que establecen las relaciones de causa-efecto-impacto.

Los métodos de predicción cubren un amplio entorno. Suelen usarse modelos matemáticos, físico - matemáticos o físicos (modelos reducidos), complementados con una serie de ensayos y pruebas experimentales, tomando los datos in situ. Con todo ello puede realizarse una predicción de efectos y evaluar las alternativas de biotopo y de la biocenosis del ecosistema que se considera. Generalmente, estas predicciones están basadas en modelos conceptuales de como funciona el universo, por lo que resultan adecuados para impactos geobiofísicos. Por ejemplo, puede determinarse la dispersión de contaminantes que se emiten por un foco (una chimenea) en la atmósfera y la incidencia de tales emisiones van a tener en la calidad del aire (concentración de contaminantes) a nivel del suelo, en los distintos puntos, en un entorno del foco, pudiéndose establecer tanto la distribución de contaminantes como su frecuencia.

Es preciso disponer para ello de los siguientes datos (que se conocen todos o se pueden medir):

- Condiciones climatológicas (vientos, temperaturas) de la zona junto con información meteorológica diaria y datos históricos de los últimos años;
- Topografía de la zona;
- Altura geométrica y efectiva de la chimenea (la altura efectiva es la altura geométrica más la sobre elevación del penacho);
- Composición del afluente (concentración de contaminantes en la emisión), y
- Condiciones de emisión del afluente(volumen, velocidad y temperatura de los gases).

Para la interpretación de los resultados cabe utilizar los propios métodos de evaluación o modelos de síntesis y, sobre esa base, puede calcularse la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los impactos.

En la tabla 4.6.2 aparece una clasificación, efectuada por Dickert [CIFCA, 1990][Ref. 4.1], de las distintas metodológicas en relación con las tres funciones analíticas asociadas con la evaluación de impactos; identificación, predicción e interpretación o evaluación.

En 1974 Warner y Bromley [CIFCA, 1990][Ref. 4.1], clasificaron las metodológicas para la evaluación de impactos en cinco grupos:

- a) métodos ad hoc;
- b) técnicas de superposiciones (coberturas por transparencias);
- c) listas de revisión (identificación);
- d) matrices, y
- e) diagramas.

Como ejemplo de los distintos modelos o metodológicas que se utilizan, se explicarán los más significativos de cada función analítica.

TABLA 4.6.2 Clasificación de las Metodológicas para las Evaluaciones

Función analítica	Metodología
Identificación	Descripción del sistema ambiental existente. Determinación de los componentes del proyecto. Definición de las alteraciones del medio causadas por el proyecto (incluyendo todos los componentes).
Predicción	Identificación de las alteraciones ambientales significativas. Revisión del cambio cuantitativo y/o espacial en el medio ambiente identificado. Estimación de la probabilidad de que el impacto (cambio neto ambiental) ocurra (duración en tiempo).
Evaluación ó Interpretación	Determinación de la incidencia de costos y beneficios en los grupos de usuarios y en la población afectada por el proyecto. Especificación y comparación de relaciones costo/beneficio entre varias alternativas.

4.6.1 Métodos de Identificación

4.6.1.1 Método de Leopold

La llamada matriz de Leopold, fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental. Realmente es un sistema de información más que de evaluación - es decir, es un método de identificación- y se preparó para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos, como elemento de guía de los informes y las evaluaciones de impacto ambiental.

Este método es especialmente útil como evaluación preliminar de aquellos proyectos que tienen un gran impacto ambiental.

La base del sistema es una matriz en que las entradas según columnas son acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas son características del medio

(factores ambientales) que pueden ser alteradas. Con estas entradas en filas y columnas se pueden definir las iteraciones existentes. Como el número de acciones que figuran en la matriz son 100 y 88 el de efectos ambientales, resultaran 8,800 interacciones, si bien son muy pocas de éstas las realmente importantes y dignas de consideración especial. De la misma forma no se aplicaran a cada proyecto todas las acciones listadas. Normalmente, el número de iteraciones observadas en los distintos proyectos analizados es de 25 a 50.

El primer paso consiste en la identificación de las iteraciones existentes, para lo cual se consideran primero todas las acciones (columnas) que están dentro el proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales (filas) que pueden quedar afectados significativamente, trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y fila (factor) considerados. Una vez hecho esto para todas las acciones, se tienen marcadas las cuadrículas que representan efectos a tener en cuenta.

Al hacer esta identificación hay que encontrar efectos de primer grado de cada acción específica para no considerar un efecto dos o más veces.

Una vez que se han marcado todas las cuadrículas que representan impactos posibles, se produce una evaluación individual de los más importantes. Cada cuadrícula admite dos valores:

- > Magnitud, según un número de 1 a 10, en que el 10 representa a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado, y 1 la mínima;
- > Importancia (ponderación), que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones.

Los valores de magnitud van precedidos con un signo + o con un signo -, según se trate de efectos positivos o negativos sobre el medio ambiente.

La matriz final presenta una serie de valores que indican el grado de impacto que una acción puede tener sobre un factor del medio. A pesar de hacer una ponderación de la importancia de dicho factor los valores de las distintas cuadrículas de una misma matriz no son comoarables, ni se pueden sumar o acumular.

La evaluación de los parámetros (magnitud e importancia) ha de hacerse acompañando a la matriz un resumen del texto o estudio de impacto ambiental adjunto.

Según la especificación original de presentación del método, tales estudios detallados deben incluir, lo siguiente:

- > La descripción y los datos técnicos suficientes para evaluar el impacto;
- > El impacto probable del proyecto sobre el medio ambiente;
- > Los probables efectos adversos que no pueden evitarse;
- > Las alternativas existentes;
- > La relación entre el uso del medio por el hombre, local y a corto plazo;
- > La irreversibilidad y falta de recuperación de los recursos afectados, y
- > Las objeciones planteadas por terceros.

La matriz de Leopold tiene aspectos positivos entre los que cabe destacar que son pocos los medios necesarios para aplicarla y su utilidad en la identificación de efectos, pues contempla en forma completa los factores físicos, biológicos y socioeconómicos involucrados. Entre los aspectos negativos se encuentra un mismo impacto que se contabiliza dos veces. No es selectivo, en cuanto que no establece un sistema para centrar la atención en los aspectos más críticos. No distingue entre los efectos a corto y largo plazo y no es sistemático, y deja la evaluación de los parámetros a la estimación y buen criterio del usuario.

Así pues, el método Leopold debe utilizarse como simple herramienta en una evaluación preliminar.

4.6.2 Métodos de Predicción

4.6.2.1 Modelos de Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera

Los métodos de predicción son, quizás, los más tecnológicos y son los que se emplean más en la evaluación de impactos físicos en el aire (modelos gaussianos de dispersión) y en el agua (modelo matemático de Streeter y Phelps [CIFCA, 1990][Ref. 4.1] que determina la concentración de oxígeno disuelto en distintos puntos de una corriente de agua).

El efecto de la dispersión en la atmósfera de los productos que en ella se vierten y diluyen, es un reparto espacial de los mismos, representable por el campo escalar, variable con el tiempo, de los valores de la concentración media correspondiente a cada punto, expresadas en unidades de masa por unidad de volumen. A una emisión de productos teóricamente puntual y continua, y unas condiciones meteorológicas sensiblemente persistentes en los alrededores del punto de emisión, corresponderá un régimen de dilución permanente caracterizado por un campo escalar de concentraciones en los alrededores del foco emisor, constante con el tiempo.

Si dividimos cada una de estas concentraciones por el caudal de emisión del foco (masa de contaminantes emitida por unidad de tiempo), obtenemos un parámetro que es el llamado factor de dilución de cada punto del entorno del foco. La distribución espacial de los factores de dilución nos da una imagen del efecto difusor del medio.

Los modelos más utilizados en los estudios de dispersión atmosféricas son los modelos de tipo gaussiano, que relaciona los niveles de calidad del aire existente en un punto con la cantidad de contaminantes vertidos a la atmósfera desde un foco emisor, teniendo en cuenta las condiciones físicas de la emisión de contaminantes.

Para la aplicación correcta de estos modelos es preciso operar con parámetros reales. Según el modelo Pasquill-Gifford se parte de la ecuación binormal gaussiana siguiente:

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{u} \cdot \underbrace{\frac{1}{\sigma_y \sqrt{\pi}} \exp - \frac{1}{2} \left(\frac{Y}{\sigma_y} \right)^2}_{II} * \underbrace{\frac{1}{\sigma_z \sqrt{2\pi}} \exp - \frac{1}{2} \left(\frac{Z - H}{\sigma_z} \right)^2}_{III}$$

En esta ecuación: $(xyz) = f(Q, u, \sigma_y, \sigma_z, H, X, Z)$ siendo:

- x, la concentración de contaminantes en el suelo, punto (xyz) en gr/m^3
- Q, Caudal de emisión de foco (flujo másico) en $gr/3$
- σ_y, σ_z , las desviaciones típicas de la curva de distribución normal, transversal y vertical del penacho expresadas en metros. Son función de la clase de estabilidad atmosférica
- u, la velocidad media del viento en el punto del vertido efectivo del foco, expresado en m/s
- h, altura efectiva del foco en m. La altura efectiva de una chimenea es igual a su altura geométrica más el valor de la sobre elevación del penacho, por efecto termoconvectivo y por la corrección debida al entorno topográfico.
- x, y, las distancias en la dirección del viento medio y transversal a éste, respectivamente
- z, la altura absoluta sobre el nivel del mar.

El término (I) representa la función del foco

El término (II) representa la dispersión lateral

El término (III) representa la dispersión vertical

Esta ecuación da los valores de la concentración (nivel de inmisión o de calidad del aire) en el punto x, y, z, debidos a la emisión en el punto (0,0,H). Este vertido aparece esquematizado en la figura 4.6.2

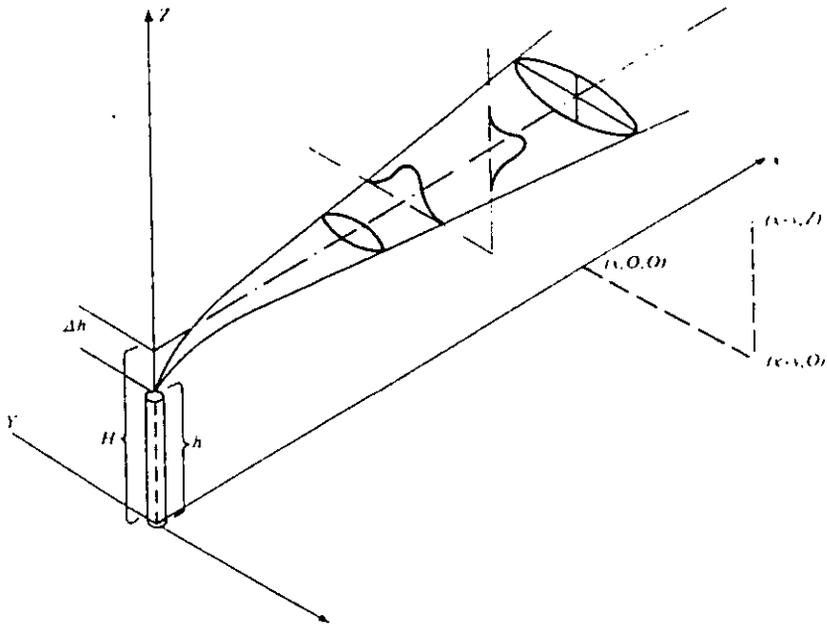


FIGURA 4.6.2 Sistema de Coordenadas Aplicado a un Punto de Emisión

El sistema de coordenadas que se considera esta centrado al pie del foco con z vertical hacia arriba, x en la dirección del viento e y, en la dirección transversal, como se indica en la figura 4.6.2

Para calcular el ascenso del penacho se utilizan las formulas de Gary A. Briggs [CIFCA, 1990][Ref. 4.1], que - dentro del gran número de formulas que existen hoy para esta función- parece ser que resultan las más ajustadas a los fenómenos reales. Las formulas de se aplican según determinadas condiciones meteorológicas. Por consiguiente, hay también una gran cantidad de ellas, pero las más generales serian tres casos: condiciones de atmósfera neutra o inestable; condiciones de atmósfera estable y en caso de calmas.

Condiciones neutrales o inestables

Para $x < x_f$ (valor 1)

$$\Delta h = \frac{1.6F^{1/3}x^{2/3}}{u}$$

Para $x \geq x_f$ (valor 1)

$$\Delta h = \frac{1.6F^{1/3}x_f^{2/3}}{u} = \frac{1.6F^{1/3}(3.5x)^{2/3}}{u}$$

Condiciones estables

Para $x < x_f$ (valor 2)

$$\Delta h = \frac{1.6F^{1/3}x^{2/3}}{u}$$

Para $x \geq x_f$ (valor 2)

$$\Delta h = 2.4 \left(\frac{F}{uS} \right)^{1/3}$$

Con calma

$$\Delta h = \frac{5F^{1/4}}{S^{3/8}}$$

Donde son referentes al foco emisor o chimenea:

F = parámetro de flotabilidad termoconvectivo, expresado en (metros)⁴ / (segundos)³

Δh = Sobreelevación del penacho, en metros

x = distancia de la chimenea, en metros, tomada a sotavento de la misma

x^* = valor de x para el que la turbulencia atmosférica comienza a destruir la estructura del penacho

x_f = valor de x a partir del cual no crece Δh

Donde son referentes al entorno atmosférico:

u = velocidad media del viento a nivel de salida de los gases, en metros/segundo

S = parámetro de estabilidad, en (segundos)²

El modelo de Pasquill-Gifford, complementado con las formulas de Briggs, es realmente un modelo de predicción de impacto físico, con un perfecto ajuste físico matemático a los fenómenos reales de difusión en un medio tan complejo como el atmosférico.

4.6.2.2 Previsión de Grado de Eutrofia

La OCDE inicio en 1973 un programa en el que a partir de la aportación de nutrientes en las presas, se analizaban sus respuestas. Se establecieron así, correlaciones entre las aportaciones de fósforo y los parámetros indicadores de grado de eutrofia.

Las correlaciones no son directas e intervienen las características del embalse y su funcionamiento.

Los sólidos aportados con frecuencia se adopta como relación entre acarreo y escurrimiento fluvial la ecuación:

$$Q_s = K Q_n$$

en la que

Q_s : azolve acarreado

Q : escurrimiento fluvial

n : valor comprendido entre 2 y 3

K : valor para el que $Q = 1$

Los modelos de dispersión de las emisiones fugitivas de partículas, tanto en suspensión como en sedimentables, se podrían categorizar en dos tipos principales:

- Basados en las medidas de laboratorio, seguidos de procedimientos de ajuste de curvas con intención de generalizar, en lo posible, los resultados.
- Los modelos conocidos como gaussianos, cuya denominación proviene del tipo de distribución estadística adoptada.

Para fuentes superficiales, la expresión que se ha considerado para este tipo de modelos es la siguiente:

$$X = Q / s_y s_z u$$

donde

X = niveles de inmisión (mg/m^3)

Q = Carga de contaminante emitida (mg/s)

s_y = Coeficiente gaussiano de dispersión en la dirección transversal correspondiente a la del viento (m)

s_z = Coeficiente gaussiano de dispersión en la dirección vertical correspondiente a la del viento (m)

u = Velocidad del viento

Los modelos gaussianos para fuentes lineales utilizan expresiones como:

$$X = (2^a / 2\pi s_z u \sin a) (e^{-1/2} (h/s_z)^2)$$

donde

q = Carga contaminante por unidad de distancia ($\text{mg}/\text{s}\cdot\text{m}$)

a = Angulo entre la dirección del viento y la de la fuente lineal

4.6.2.3 Método del Balance Hídrico

Se basa en la ecuación fundamental de la hidrología. El volumen de precipitaciones (agua, nieve, rocío, escarcha) debe ser igual a las variaciones de volúmenes en la presa o embalse (superficie, suelo, escorrentía, infiltración, evaporación). Es decir:

$$E = P - (D_a + D_s + r)$$

donde

E = Evaporación del embalse (Hm^3)

P = Precipitación caída en el embalse (Hm^3)

D_a = Variación del volumen del embalse (Hm^3)

D_s = Volumen de agua en el suelo (Hm^3)

r = $r_i + r_e$ (Hm^3)

r_i = Volumen de agua de infiltración (Hm^3)

r_e = Volumen de agua de escorrentía (Hm^3)

4.6.2.4 Método de Balance de Energía

Se basa en la aplicación del principio de conservación de la energía de un embalse para un periodo de tiempo determinado. La ecuación del balance energético es:

$$Q = Q_s - Q_r + Q_a - Q_{ar} - Q_{bs} + Q_v - Q_e - Q_h - Q_w$$

donde

Q = variación de la energía acumulada en el agua

Q_s = radiación solar de onda corta incidente en la superficie del embalse

Q_r = radiación de onda corta reflejada de la anterior por el embalse

Q_a = radiación de onda larga procedente de la atmósfera, incidente en el embalse

Q_{ar} = radiación de onda larga reflejada de la anterior por el embalse

Q_{bs} = radiación de onda larga que emite la masa de agua embalsada

Q_e = energía utilizada para la evaporación

Q_h = energía transportada por conductividad a la superficie del agua

Q_w = energía transportada por el agua que se ha evaporado

A partir de una serie de expresiones parciales, que cumplen los términos de esta ecuación se obtienen como relación final:

$$E = \frac{Q_r Q_u - Q}{0.61P(T_o - T_a) / L [1 + 1000 \frac{e_o - e_a}{T_o T_a}]}$$

Donde:

T_o = temperatura superficie agua

T_a = temperatura aire

e_o = tensión vapor saturante a T_o

e_a = tensión vapor a T_a

Calor latente de vaporización.

4.6.3 Métodos de Interpretación

La fase de interpretación de resultados es quizá la más importante del estudio, por que requiere tener criterios y conceptos muy claros de los objetivos, las finalidades que persiguen las evaluaciones y la problemática ambiental.

Estos criterios para la interpretación de resultados deben tenerlos los autores de estudios y ejecutivos del proyecto, ya sea del sector publico o privado.

La interpretación se puede hacer a través de modelos de síntesis, por comparación de resultados de determinados indicadores de impactos con la información básica existente.

Para ejemplificar lo dicho anteriormente, supongamos que el proyecto es una nueva central térmica convencional, que utilice como combustibles, carbones de muy baja calidad, con un alto contenido de cenizas, azufre y poder calorífico bajo, y compuesta a su vez por varios grupos electrogeneradores.

El consumo de carbón para esta central sería muy alto y, por consiguiente, dado el bajo rendimiento del proceso termodinámica en la conversión de energía térmica en eléctrica, las emisiones de contaminantes físicos y químicos (calor, radiaciones, partículas sólidas, SO₂, NO_x, etc.) serán muy altas.

En el estudio de este caso habrá que analizar los impactos debidos a las distintas alteraciones del medio y factores ambientales como la utilización de recursos minerales, suelo, recursos hídricos, residuos sólidos, contaminación atmosférica, valoración de beneficios económicos y sociales, etc.

Por tanto, la forma de actuar sería:

- Identificar los factores ambientales a través de cualquier método de identificación.
- Aplicación de métodos de predicción de efectos.
- Aplicación de un modelo o técnica de interpretación
- Evaluación final de los impactos geobiofísicos.
- Estudio costo-beneficio
- Evaluación global del impacto ambiental
- En el modelo de interpretación de resultados para este ejemplo se podrían considerar dos alternativas, una evaluando emisiones y otra evaluando inmisiones.

Primera alternativa: evaluación de emisiones. Se toma un indicador de impacto. En el caso de la central térmica de carbón, hay que prever la depuración de los gases de emisión de su contenido en polvo procedente de las cenizas del combustible; para ello se instalan electrofiltros de tipo y volumen adecuados, consiguiendo que las emisiones de partículas sean muy pequeñas y queden dentro de los límites establecidos en la legislación nacional.

En cambio, la desulfuración de los gases de combustión, para eliminar las elevadas cantidades de SO₂ que resultan, es muy costosa. En este caso, la solución se consigue instalando chimeneas de gran altura, para conseguir una buena dispersión de contaminantes.

Una vez que se han evaluado las emisiones se enjuician éstas, cualitativa y cuantitativamente.

En el aspecto cualitativo se estudian los contaminantes desde el punto de vista de sus propias características y sus posibles efectos sobre el biotopo (lluvias ácidas sobre lagos y el suelo) y la biocenosis (flora, fauna y hombre).

En el aspecto cuantitativo, se efectúan dos comparaciones:

- Las emisiones de la planta con otras existentes y efectos que han causado sobre el ecosistema en que están ubicadas.
- Las emisiones resultantes con las establecidas por la legislación.

A continuación se estudia qué otros focos de emisión de estos contaminantes hay en la zona y se valora su peso. Además de esta comparación de emisiones, hay que evaluar - también en forma teórica y en trabajos de escritorio- los demás factores ambientales.

Segunda alternativa: evaluación de inmisiones. Esta alternativa se basa en emplear el modelo físico matemático de dispersión (aplicado al SO₂). Se opera con valores reales de micrometeorología, calculando la matriz cúbica de frecuencia de situaciones meteorológicas. Se consideran también parámetros físicos medidos (en otros focos semejantes) o evaluados en forma muy ajustada.

A su vez, los resultados se suman al valor de contaminación de fondo y el valor total se compara con los valores de referencia establecidos por las autoridades como valores de calidad del aire en situaciones admisibles.

Y después, en función de los resultados, se procede a establecer medidas correctoras (equipos de depuración, chimeneas más altas) y prever las medidas a aplicar en situaciones de emergencia (sustitución de combustible menos contaminante, reducción de la producción, etc.).

4.6.3.1 Sistema de Battelle

Este modelo fue elaborado por los laboratorios de Battelle-Columbus de los Estados Unidos, y se centró en la planificación de la gestión de recursos de agua. Sin embargo, puede aplicarse también a otro tipo de problemas.

La base del sistema Battelle es la definición de una lista de indicadores de impacto, con 78 parámetros ambientales, que representan una unidad o un aspecto del medio ambiente que merece

considerarse por separado, y cuya evaluación es representativa del impacto ambiental derivado del proyecto.

Estos parámetros están ordenados en un primer nivel según los 18 *componentes ambientales* siguientes:

- especies y poblaciones
- hábitats y comunidades
- ecosistemas
- contaminación del agua
- contaminación atmosférica
- contaminación del suelo
- ruido
- suelo
- aire
- agua
- biota
- objetos artesanales
- composición
- valores educacionales y científicos
- valores históricos
- cultura
- sensaciones
- estilos de vida (patrones culturales)

Estos 18 componentes ambientales se agrupan, a su vez, en 4 *categorías ambientales*:

- ecología
- contaminación
- aspectos estéticos
- aspectos de interés humano

Después se establece una relación de parámetros ambientales, de los que se pretende:

- Que representen la calidad del medio ambiente (identificación);
- Que sean fácilmente medibles sobre el terreno (predicción, interpretación);
- Que respondan a las exigencias del proyecto a evaluar (identificación), y
- Que sean evaluables a nivel de proyecto (predicción e interpretación).

Una vez obtenida la lista de parámetros, el modelo de Battelle pretende establecer un sistema en el que dichos parámetros se lleguen a evaluar en unidades comparables representando valores que sean resultado de mediciones reales.

La técnica de transformación de datos en unidades de impacto ambiental (U.I.A.) es la siguiente:

Paso 1: Transformar los datos en su correspondiente equivalencia de índice de calidad ambiental que representan y para el parámetro correspondiente.

Paso 2: Ponderar la importancia del parámetro considerado, según su importancia relativa dentro del medio ambiente.

Paso 3: Expresar a partir de 1 y 2, el impacto neto como resultado de multiplicar el índice de calidad por su índice ponderal.

Índice de calidad ambiental. El valor que un determinado parámetro que se prevé que resultará de un proyecto, no puede definirse con términos admisible o no admisible, bueno o malo. Siendo muchos de ellos medibles físicamente, su valor es muy variable, y a cada uno le corresponde un cierto grado de calidad, entre el extremo peor (valor 0) y el óptimo (valor 1), quedando comprendidos entre ambos extremos los valores intermedios para definir estados de calidad del parámetro.

El modelo Battelle indica además el sistema para establecer la "función de evaluación" de la calidad ambiental (CA) de un parámetro i en función de su magnitud (M):

$$CA_i = f(M_i)$$

Esta función puede ser lineal con su pendiente positiva (extensión de tierra cultivable) o negativa (pesticidas en el agua), o bien tener un punto máximo intermedio (pH del agua), u otras formas más o menos extrañas, según la correspondiente calidad-magnitud.

Así pues, para evaluar la calidad del estado de un parámetro definido por su magnitud, habrá que establecer la función de evaluación $f(M_i)$, que podremos representar gráficamente con índice de calidad en ordenadas y la magnitud medible en abscisas. Para cada valor que dispongamos en magnitud, bastará con llevarlo sobre las abscisas y obtener en ordenadas el índice de calidad correspondiente.

La función $f(M_i)$ puede ser distinta según su entorno físico y socioeconómico del proyecto. Pero su transformación respecto a otras situaciones no resulta difícil.

Ponderación de parámetros. Considerando que cada parámetro representa sólo una parte del medio ambiente, es importante disponer de un mecanismo según el cual todos ellos se puedan contemplar en conjunto y ofrezcan una imagen coherente de la situación al hacerlo. Para conseguir esto, hay que reflejar de alguna forma la diferencia entre unos parámetros y otros, en cuanto a su mayor o menor contribución al medio ambiente. Con este fin, en el modelo de Battelle se atribuye a cada parámetro un peso o índice ponderal. Tal peso se expresa en forma de "unidades de importancia" y el valor asignado a cada parámetro resulta de la distribución relativa de mil unidades asignadas al total de parámetros (medio ambiente de calidad óptima).

En el modelo Battelle, en cada parámetro se indican las UIP, o índice ponderal, así como a los niveles de agrupación de parámetros, componentes y categorías.

Obtención de unidades conmensurables o unidades de impacto neto. Si se considera que la situación óptima del medio le corresponde la unidad 1000, como la suma de sus UIP, la representación conseguida es coherente, apareciendo en ella los parámetros según su contribución relativa. Ahora bien, en el caso de que estos parámetros no se hallen en su condición óptima, su contribución a la situación del medio vendrá disminuida en el mismo porcentaje que su calidad y, en consecuencia, sus unidades de impacto ambiental (U.I.A.) expresadas:

$$(U.I.A.) = (C.A.) \times (U.I.P.)$$

Evaluación final. Sistema de alerta. Aplicando al sistema establecido a la situación del medio si se lleva a cabo el proyecto (con proyecto) y a la que tendría el medio si este no se realiza (estado cero y la evolución sin proyecto), tendremos para cada elemento unos valores cuya diferencia indicará el impacto neto del proyecto según dicho parámetro:

$$U.I.A. \text{ con proyecto} - U.I.A. \text{ sin proyecto} = U.I.A. \text{ por proyecto}$$

Esta evaluación global sirve para tomar las medidas a minimizar el impacto ambiental y para apreciar la degradación del medio como resultado del proyecto, tanto global como en sus distintos sectores (categorías, componentes o parámetros).

Posteriormente, a efectos de evaluación global, podemos hacer las adiciones que se crean necesarias, siendo el impacto global:

$$\text{Impacto global} = \sum (U.I.A.)_{(i,p)}$$

4.6.3.2 Sistema de Evaluación por Coberturas

Este método es muy útil para trabajos de evaluación de impactos ambientales ligados a la planificación y ordenación del territorio. Proyectos como el trazado de una autopista, un ferrocarril, líneas eléctricas de alta tensión, oleoducto y gasoductos, aeropuertos, canales, etc. son los que, los que se evalúan por este método o por los de MC. Harg, Hills, Lewis, Johns [CIFCA, 1990][Ref. 4.1] y otros semejantes.

Las técnicas que se emplean en estos métodos tienen también otra escala, pues se opera con macromagnitudes, como por ejemplo, los fotogramas aéreos y las técnicas de teledetección, que se utilizan casi siempre.

El sistema llamado de coberturas, transparencias o superposiciones, es similar a las maquetas y efectúa una división del territorio afectado por la totalidad del proyecto mediante el trazado de unas retículas. Se obtienen así una serie de unidades geográficas, en cada una de las cuales se estudia un conjunto de factores ambientales y se aplican indicadores de impacto, previamente establecidos. Se utilizan transparencias y en cada una de ellas se marcan los resultados obtenidos en el estudio. Se superponen después los resultados de las distintas transparencias y, mediante un programa de computadora se llegan a conclusiones finales.

4.6.3.3 Condiciones Ambientales del Banco Mundial

El Departamento del Medio Ambiente del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), conocido como Banco Mundial, fue el pionero en este tipo de estudios.

Los criterios seguidos por el Banco Mundial en la evaluación ambiental de proyectos están recogidos, en gran parte, en su publicación "Consideraciones ambientales de salud y ecología humana en proyectos de desarrollo económico", y que es otro tipo de metodología para esta clase de estudios.

En esta metodología los objetivos se centran en la identificación y medición de los efectos de los proyectos de desarrollo sobre la ecología humana y ambiental. Puede decirse que es un método de identificación.

Estas consideraciones ambientales se agrupan en seis categorías:

1. Vinculaciones entre el medio ambiente y los recursos
2. Diseño y construcción del proyecto
3. Operaciones
4. Factores socioculturales
5. Repercusiones en la salud
6. Consideraciones a largo plazo

Que tienen por objeto:

- Señalar los puntos generales que sirven de base para el análisis de las consecuencias del proyecto
- Indicar la información necesaria y el tipo de experiencia que se requieren para el estudio de los aspectos ambientales
- Dar una estructura para la formulación de procedimientos y pautas para la consideración sistemática de los factores ambientales.

Las consideraciones ambientales en esta metodología se aplican dentro de este marco general, pero con un enfoque específico para proyectos relacionados con las siguientes actividades: agricultura, industria, transporte y servicios públicos.

El Banco Mundial analiza la unidad de producción desde otros tres puntos de vista:

- Higiene y seguridad en el trabajo
- Accidentes en el exterior
- Impacto ecológico debido al uso del producto.

En los proyectos industriales, el BM sigue una metodología de análisis, dividida en nueve puntos, con los que intenta analizar el proyecto en contexto geográfico y socioeconómico en que se pretende instalar. En este análisis se trata al medio ambiente como una entidad económica. Esas nueve fases son:

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

1. *Vinculación con los recursos naturales*: consideraciones que se tienen en cuenta desde que se extrae el recurso o su llegada al ápice para someterlo a evaluación.
2. *Proceso*: Análisis de las distintas posibilidades en operaciones individuales y a los procesos de transformación química. Evaluación de tecnologías.
3. *Capacidad asimilativa del lugar*: análisis de la actual capacidad de carga de la tierra, de los recursos del agua y del aire para determinar las condiciones originales y el efecto del proyecto. (Resiliencia del medio)
4. *Manejo de los desechos*: análisis de todos los productos, subproductos y los desechos para su tratamiento, reutilización y asimilación.
5. *Operación y control*: mantenimiento y control dentro del proyecto (agua, aire y tierra)
6. *Aspectos sociales*: las relaciones humanas en los sistemas de asentamientos
7. *Aspectos relacionados con la salud*: seguridad y bienestar de la población afectada por el proyecto
8. *Destino final*: transformación, reutilización y asimilación del producto y productos futuros
9. *Optimización*: análisis de costos de las distintas alternativas.

Todos los estudios de evaluaciones de impacto y las normas propias del Banco Mundial tiene por objeto fundamental facilitar la toma de decisiones y pueden poner de manifiesto las consecuencias ambientales de la aceptación de la alternativa que se seleccione. Pero la aceptación o rechazo de las mismas es un problema político y, una vez más, esto queda fuera de cualquier contexto de este trabajo.

No obstante lo anterior, incluyo aquí el diagrama en que se recoge el procedimiento de la fase de optimización elaborada por el BIRF. Figura 4.6.3

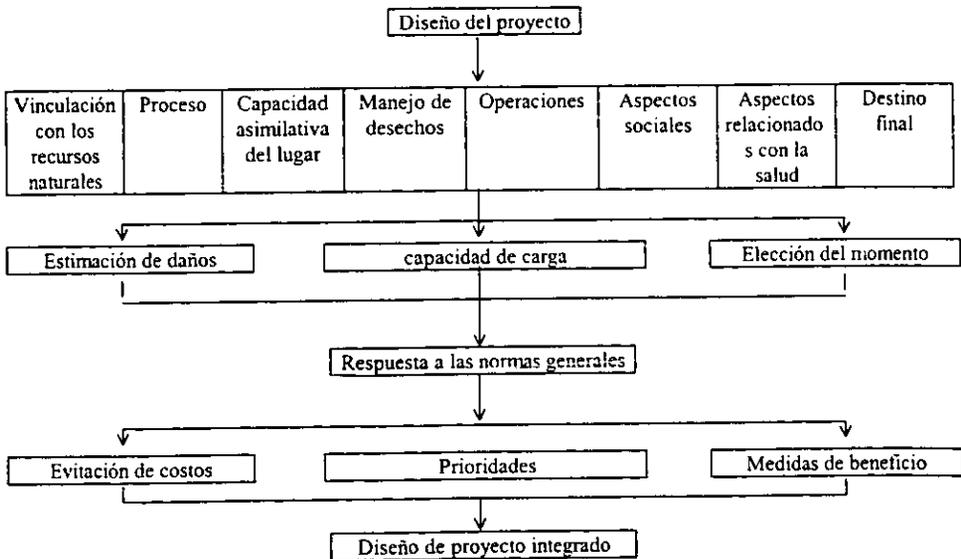


FIGURA 4.6.3 Metodología del Banco Mundial "Procedimiento de Optimización de los Costos de las Distintas Alternativas"

4.7 Marco Legal e Institucional

Se entiende por procedimientos los condicionantes administrativos y legales que afectan a las evaluaciones de impacto ambiental, es decir, su marco legal e institucional. Este tema se desarrolla con base en las llamadas declaraciones o informes de impacto ambiental.

Tales declaraciones son un conjunto de estudios e información, que debe incluir una evaluación completa de impacto ambiental. Se elabora en petición de la Administración de cada país con el fin de que las decisiones ejecutivas se efectúen sobre la base de un conocimiento riguroso de la acción propuesta y unas alternativas debidamente consideradas.

La declaración de impacto ambiental consiste en que para cualquier proyecto o programa de desarrollo se preparan una serie de estudios que proporcionen los puntos de vista económicos, de ingeniería, las relaciones entre costos y beneficios monetarios y el estudio detallado del efecto sobre el medio ambiente. Esto es, comprendida una valoración de los costos ecológicos además de monetarios.

CAPITULO V

APLICACION PRACTICA DE UN PROYECTO EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL "CENTRAL TERMOELECTRICA C.T. LERDO U1 Y U2, DURANGO"

Las múltiples actividades que realiza el hombre para obtener satisfacciones y mejorar sus condiciones de vida provocan efectos sobre el medio ambiente. Parte de esas actividades se llevan a cabo a través de proyectos de desarrollo, para los cuales es posible prever los efectos de su implantación, mediante estudios de impacto ambiental.

La EIA consiste en una serie ordenada de pasos durante el cual se genera y procesa, sistemáticamente, una gran cantidad de información inerte al proyecto y del área donde pretende desarrollarse.

La EIA para la Central Termoeléctrica LERDO se ajusta a la guía general de la SEMARNAP describiendo las diversas etapas del proyecto, sus interacciones con el medio natural y socioeconómico, sus posibles impactos significativos y las respectivas medidas de mitigación para ellos.

5.1 Descripción del Proyecto

5.1.1 Consideraciones Generales

La CFE con base en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico estableció la necesidad de instalar una Central Termoeléctrica en la zona de la Laguna, al norte del país, para satisfacer su demanda de energía e impulsar el desarrollo sostenido de actividades agropecuarias, industriales y urbanas.

Por razones de operatividad y confiabilidad del sistema citado, esta zona representa ventajas significativas de ahorro en pérdidas por transmisión, menor inversión en infraestructura para transmisión y por que el proyecto proporciona adecuadamente el punto de apoyo de voltaje requerido en esta zona por la confluencia de las líneas provenientes de Mazatlán, Sinaloa, Piedras Negras, Coahuila y Ciudad. Delicias, Chihuahua. (Fig. 5.1.1)

La localización de la planta fue sometida a un proceso de evaluación Técnica- Económica y ambiental de cinco sitios alternativos, y que en definitiva se seleccionó el sitio de Villa Juárez, localizado a 5 km. al Sudoeste de la Ciudad de Lerdo, Durango. (Fig. 5.1.2)

El proyecto se inició en el año de 1979 con su etapa de selección de sitio; su construcción de 1985 a 1990, comenzando aquí su operación comercial, con un periodo de vida útil de 30 años.

Como estudios básicos preliminares de campo, se realizaron investigaciones en el área aledaña al sitio del proyecto aproximadamente 338 km², sobre: Hidrometría, geología superficial, hidrogeología, geología estructural, geofísica, meteorología, flora, fauna y aspectos socioeconómicos de la región.

Durante la etapa de construcción, se requirieron 600 m³ de bodegas, 1,250 m³ de almacenes, oficinas, caminos de acceso, red sanitaria, control de desechos sólidos, tanques de almacenamiento de agua cruda y una clínica del IMSS. Se requerirá de 64 unidades de equipo y maquinaria de diverso tipo. Se consumieron 24,037 lts de aceite, 260 m³ de diesel, 739 m³ de gasolina, 11 l/s de agua cruda, 7,200 m³ de agua potable, 150,000 m³ de material de relleno y 70,000 m³ de agregados que se extrajeron de los bancos de materiales cercanos.

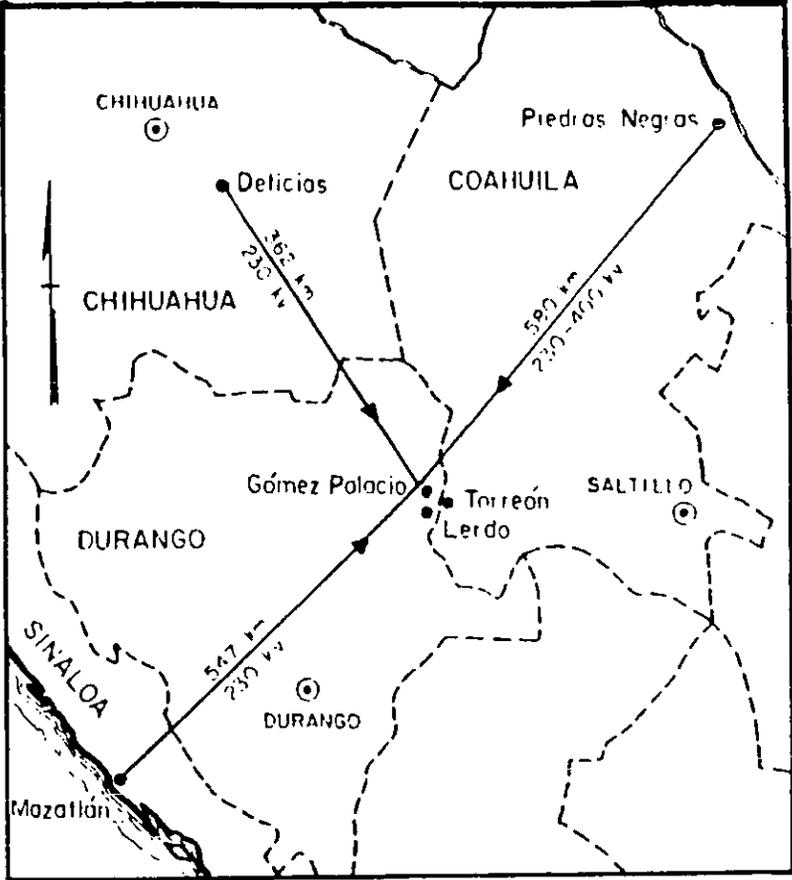


FIGURA 5.1.1 Ubicación de la C.T. Como Punto de Apoyo del Servicio Eléctrico Nacional

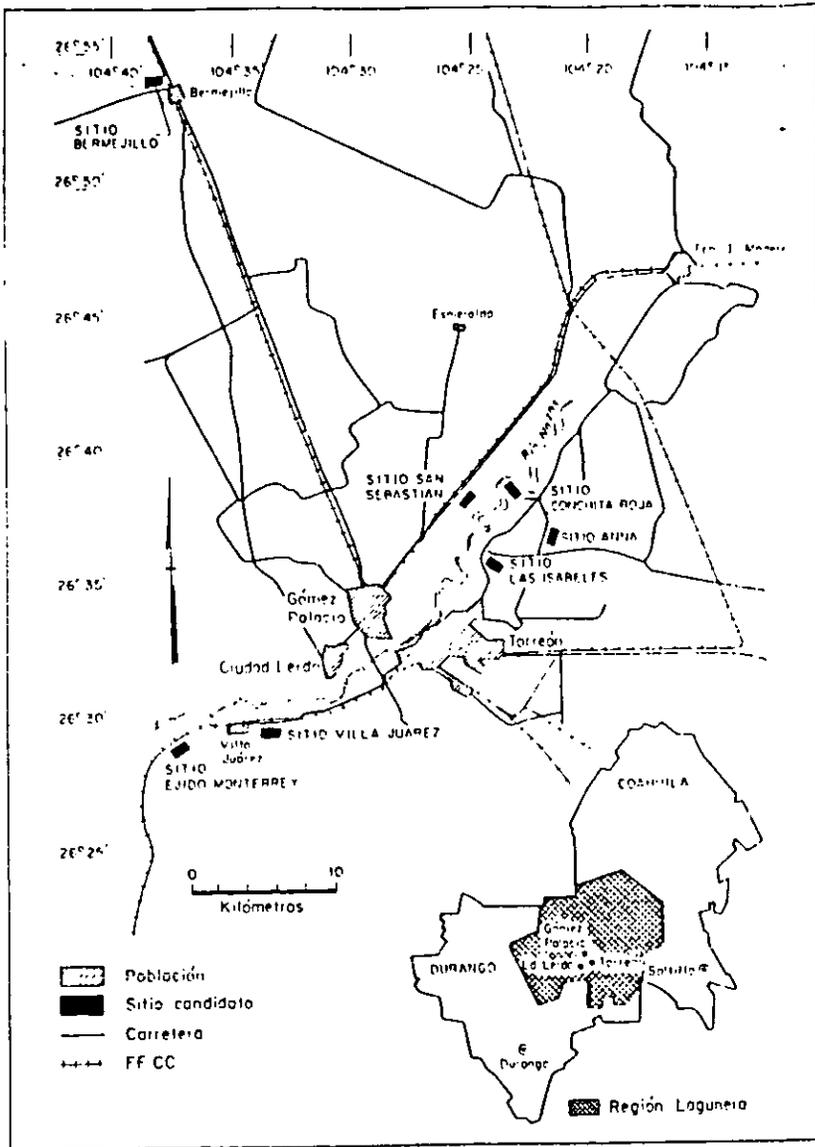


FIGURA 5.1.2 Ubicación de los Sitios Candidatos para la Suplementación del Proyecto

Los trabajadores que participaron en la construcción fueron 4,159 de diversas áreas de ingeniería y administración.

Para la etapa de operación, el combustible se abasteció mediante ferrocarril desde la refinería de Cadereyta, N.L.; el agua para diversos usos será abastecida del acuífero subterráneo, pudiéndose perforar hasta 10 pozos con una concesión de 280 l/s de agua como máximo.

Al entrar en operación la C. T. Lerdo se cancelaron las actuales plantas Francke y La Laguna, dejándose de utilizar los 351 l/s de agua que consumen para generar sólo 159 MW.

La operación comercial de la C. T. Lerdo se programó para iniciar en 1990; para así conectarse al Área Norte del Sistema Eléctrico Nacional mediante seis líneas de transmisión que llegarán a las subestaciones Gómez Palacio, Torreón Sur, Peñoles y Durango II.

Con base a la generación de información para la elaboración de la EIA correspondiente; la CFE decidió encomendar al Instituto de Ingeniería(II) de la UNAM la elaboración del documento final, previa compilación, revisión y verificación de la información existente.

5.1.2 Objetivos y Justificación del Proyecto

Objetivos

- Aumentar la capacidad instalada de energía eléctrica en el área Norte del Sistema Eléctrico Nacional.
- Satisfacer la demanda actual y futura (año 2000) de la región.

Justificación

- Contribuir al desarrollo sostenido de actividades industriales, agropecuarias y urbanas
- Proporcionar el punto de apoyo de voltaje requerido en esta zona.

5.1.3 Alternativas de Ubicación del Proyecto

La selección del sitio para el proyecto en el municipio de Villa de Juárez obedeció a un proceso de evaluación de sitios en 2 etapas, una primera que incluyó cinco sitios y de la que resultó el "sitio ANNA" localizado en la zona de Torreón. En una segunda evaluación de sitios, resultó elegido el de "Villa de Juárez", como definitivo para la ubicación de la C. T. (Figura 5.1.2)

Con base a la segunda etapa de evaluación de sitios alternativos, se concluyó que el sitio de Villa de Juárez era el más adecuado para la ubicación de la C. T., debido a que reunía las características de infraestructura adecuadas en cuanto a:

- Disponibilidad garantizada de agua por un mínimo de 30 años.
- Acceso a vías de ferrocarril y carretera.
- Cercanías a líneas de transmisión.

Por tanto, resulta más atractiva económicamente, si se considera el costo de la sustitución de energía generado por turbogases para el ejido Monterrey.

5.1.4 Proyectos Asociados

Como proyectos asociados a la construcción de la C. T. Lerdo sólo se requiere de la explotación de bancos de materiales para la construcción de la planta. Además, será necesaria la instalación de una planta productora de concreto dentro del predio de la Central.

En este caso se explotaran aproximadamente 150,000 m³ de material de relleno proveniente de los bancos de préstamo de materiales que se encuentran ya en explotación a una distancia de 4 Km. del sitio del proyecto; la planta de concreto manejará 70,000 m³ de agregados (grava y arena).

5.1.5 Ubicación del Sitio y área de Influencia

La ubicación del proyecto es la siguiente:

Longitud 103° 34' 30" W.

Latitud 25° 28' 59" N.

Altitud 1,144 M.S.N.M.

Considerando como punto de referencia la Ciudad de Gómez Palacio, Durango. La superficie que ocupará éste es de 75 hectáreas.

El área aproximada de influencia del proyecto resulta del análisis de experiencias en la construcción y operación de proyectos semejantes al que se trata, así como sus alcances sobre los factores aire, agua, suelo y socioeconómico. (Figura 5.1.3)

Esta zona de 133 km² forma parte de la cuenca hidrográfica del río Nazas, desde el cañón Fernández hasta el límite de Cd. Lerdo. Los poblados principales dentro del área son: 21 de Marzo, San Jacinto, Juan E. García, La Loma, León Guzmán y Villa Juárez, todos ellos en el estado de Durango.

En esta zona la generación de energía se realiza mediante las Centrales Termoeléctricas Francke, que opera desde 1929, La Laguna, desde 1952 y ciclo Combinado, desde 1976; mismas que durante 1985 alcanzaron una generación neta promedio de 183 megawatts. Estos aspectos técnicos con repercusión socioeconómica (uso de agua y contaminación atmosférica) minimizarían al iniciarse la operación de la C. T. Lerdo. (Figura 5.1.4)

5.1.6 Etapas de Ejecución del Proyecto

5.1.6.1 Planeación

El análisis de las características del Sistema Eléctrico Nacional, la evaluación de la demanda de energía y la disponibilidad de combustible y agua en la zona, determinaron que la C. T. fuera del tipo convencional con una capacidad de 320 MW, generada mediante dos unidades de 160mw cada una; utilizará combustóleo como combustible y para enfriamiento usará torres húmedas convencionales combinada con tratamiento lateral al agua de enfriamiento con la finalidad de disminuir el consumo de este recurso.

El equipo y sistemas que integran el proyecto comprenden aspectos de las áreas mecánicas, eléctrica, química, ambiental, civil y sistemas. (Tabla 5.1.1)

La realización del proyecto comprende un periodo aproximado de nueve años desde su etapa de selección del sitio hasta su inicio de operación comercial.

Una vez definido el sitio del proyecto se realizan una serie de estudios que permiten definir a detalle sus aspectos técnicos y económicos. Los estudios básicos realizados en el área de influencia del proyecto son [CFE, 1985][Ref. 5.1]:

- a) Climatología y Meteorología
- b) Hidrometría
- c) Balance Hidrometeorológico
- d) Geología superficial
- e) Hidrogeología
- f) Geología estructural
- g) Geofísica
- h) Abastecimiento de agua
- i) Inventario de aprovechamiento de agua subterránea
- j) Balance de agua subterránea.

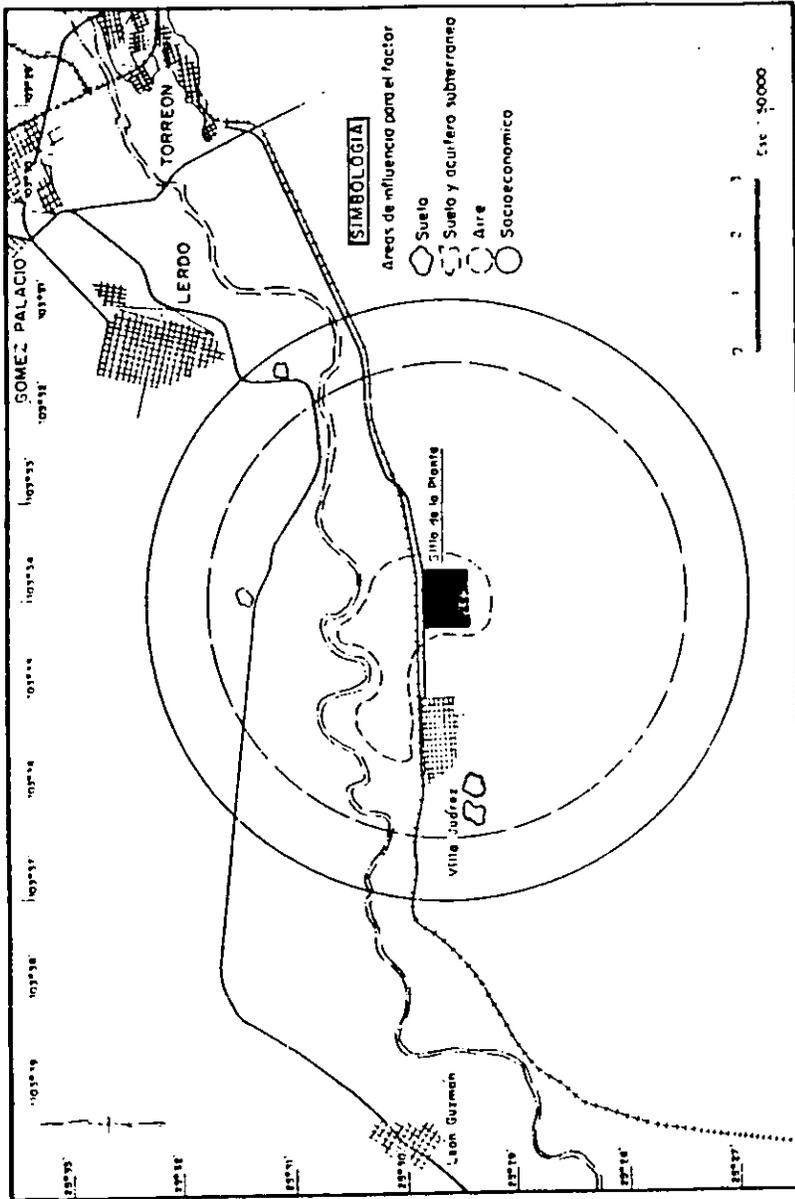


FIGURA 5.1.3 Determinación del Área de Influencia

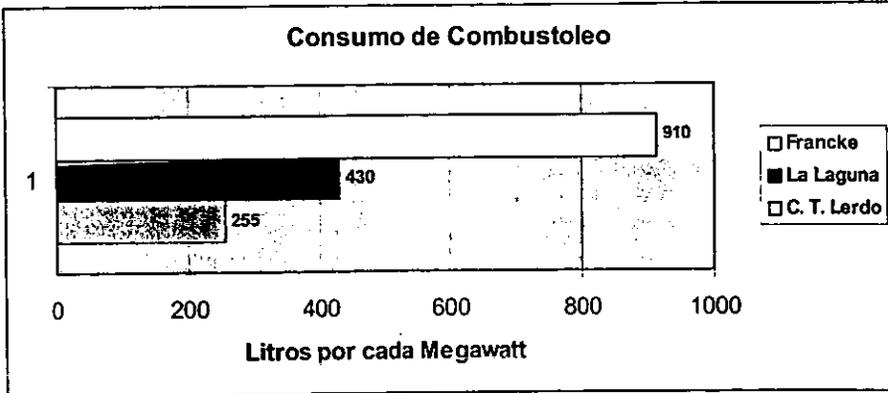
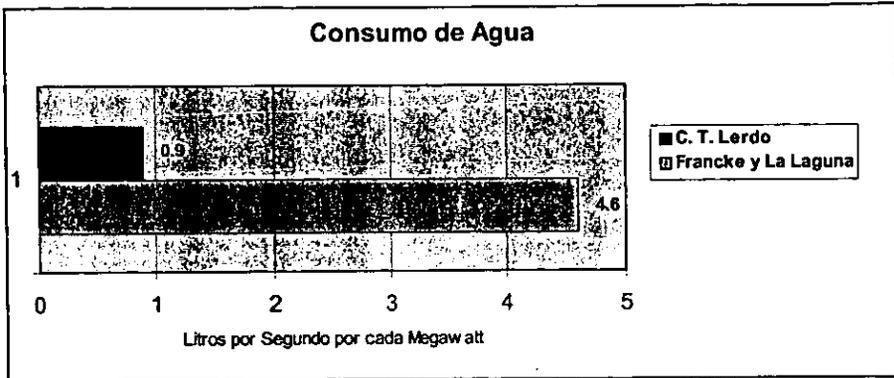


FIGURA 5.1.4 Consumo por Producción Eléctrica

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

TABLA 5.1.1 Características Técnicas de Equipos y Sistemas Principales del Proyecto

GENERADOR DE VAPOR		AGUA DE ALIMENTACION AL GENERADOR DE VAPOR	
Tipo	Presurizado Circulación normal	Flujo	942,638 ton/h
Combustible	Combustóleo	Temperatura	236.69 °C
Presión nominal	133 km/cm ²	Entalpia	244.69 Kcal/kg.
Temperatura	541 °C		
No. de quemadores	12		
TURBOGENERADOR		CICLO DE LA TURBINA	
Tipo	TC DF	No de extracciones	.6
No. de cuerpos	1 A. P. 1 P1. y 2 B. P.	No de pasos	21
Velocidad	3600 r.p.m.	Recalentamiento	1
Potencia turbina	160,076 KW	Sistema de dren. de calentadores	Cascada
Generador	177.77 K V A	Calentador en el cuello del condensador	1
Voltaje	15 KV		
Frecuencia	60 Hertz		
Factor de potencia	0.9 atrasado		
CONDENSADOR		SUBESTACION Y LINEAS DE TRANSMISION	
Tipo	Superficie	Tensión de la subestación	230 KV
No de tubos	7390	Arreglo de equipo	Interruptor y medio
Presión absoluta	83 mm Hg.	Interconexión con	2 líneas a Torreón
Flujo de vapor al condensador	326.48 ton/h		2 líneas a Gómez Palacio
			1 línea a Durango
			1 línea a Peñoles
CONDICIONES DEL CICLO		PROTECCION AMBIENTAL	
Flujo de vapor	488.25 ton/h	Emisiones atmosféricas:	Chimenea 70 m
Presión	126.5 Kg/cm ²	Efluentes ácidos y alcalinos:	Fosa neutralización pH=7
Temperatura	538	Grasas y aceites:	Fosa separadora
Entalpia	822.47 Kcal/Kg	Desechos sólidos:	Relleno sanitario, incineración
Contenido de humedad	7.12%	Desechos líquidos:	Laguna evaporación revestida
		Consumo de agua:	Rehuso tratamiento lateral

Dado lo pequeño de las áreas de trabajo y tiempo de estudios en cada área, no se requiere instalación de obras y servicios formales y permanentes, sino temporales y provisionales que permitan su transportación a los diferentes puntos de trabajo. Tampoco, fue necesario la construcción de caminos formales debido a las características planas del terreno y la baja densidad de vegetación del área.

Por tales características además no se requirió de desmontes, careos ni nivelaciones significativas, sólo en los puntos de perforación y registro fue necesario eliminar la vegetación en áreas del orden de 20 x 20 m.

5.1.6.2 Preparación del sitio y construcción

La preparación del sitio comprende una limpieza y despalle del predio del proyecto en 231,000 m²; posteriormente se lleva a cabo una nivelación, cortes de terreno por 3,000 m³ y excavaciones del orden de 11,300 m³.

El área de bodegas será aproximadamente de 15 x 40 m y la de almacenes de 25 x 50 m en áreas cubiertas. Y un área disponible de 50,000 m² para almacenamiento de equipo a la intemperie. Se contará con 2 tanques de almacenamiento de agua cruda de 25 m³ c/u; no se tendrán tanque de almacenamiento de combustible puesto que se cuenta con una gasolinera a 1 km. de distancia.

Se utilizarán los recursos materiales y humanos contenidos en las Tablas 5.1.2 a 5.1.7; las fuentes de suministro y almacenamiento son los indicados en cada caso.

Los materiales que se extraen durante la etapa de construcción serán: material de relleno y agregados.

Los bancos de material de relleno están localizados a 4 km. en dirección Oeste del sitio y están formados por material granulado, cementado con arcilla; de estos bancos se extraen 150,000 m³. Y los bancos de agregados están localizados en el cauce del río Nazas a 3 km. al norte de la planta. De estos bancos se extraerán 70,000 m³ de material y para extracción de los materiales se utilizarán: tractores, cargadores, excavadores y camiones.

Durante la preparación del sitio y la construcción se generarán diversos tipos de desechos cuyo manejo y disposición varía; las excretas de los trabajadores se manejarán mediante camiones; los escombros no metálicos y desechos del personal serán recolectados, después serán almacenados y posteriormente transportados en vehículos de volteo para ser dispuestos finalmente en el tiradero municipal de Villa Juárez; los escombros metálicos y otros materiales de utilidad serán, depositados en lugares adecuados dentro de la planta y puestos a la venta. [CFE, 1980][Ref. 5.2]

También, con base a las experiencias y estadísticas que se han obtenido durante la construcción de otras plantas; se han llegado a identificar diversos tipos de accidentes que se presentan durante el desarrollo de actividades de equipos y materiales, soldadura, movimientos de estructuras, etc.

TABLA 5.1.2 Equipo y Maquinaria

EQUIPO Y MAQUINARIA	CANT.	PERÍODO DE USO				
		1984	1985	1986	1987	1988
Cargador frontal	3	Sep - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Dic
Tractor Bulldozer	2	Oct - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Jun
Camión Revolver	3		Mar - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Dic
Plantas Dosific. Concreto	2		Mar - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Dic
Retroexcavadora	6	Sep - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Dic
Motocóncimadora	3	Oct - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Jun
Vibro Compactador	2	Oct - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Jun
Compresor	7		Feb - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Sep
Grúas #20 - 140 tons	6	Sep - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Jun
Camión con HIAB	8		Feb - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Jun
Volteos	18	Oct - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Sep
Pipas	4	Oct - Dic	Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	Ene - Sep
Total	64		Ene - Dic	Ene - Dic	Ene	

- > Suministro. Disponible en C. F. E.
- > Almacenamiento. En el predio del proyecto

TABLA 5.1.3 Materiales

MATERIAL	CANTIDAD
Varilla	2,761 ton
Madera	102,229 m ²
Concreto	41,992 m ³
Rellenos	469,000 m ³
Anclas	93,293 Kg.
Block	9,200 m ²
Lamina	18,020 m ²
Tubería de Concreto	3,570 m
Tubería Asbesto Cem.	15,282 m
Grout	66,719 Kg.
Cancelería	1,007 m ²
Impermeabilizante	58,953 m ²

- > Suministro. Nacional del abastecedor más económico.
- > Almacenamiento. En el predio del proyecto.

TABLA 5.1.4 Combustibles

CONSUMO DE COMBUSTIBLE			
AÑO	ACEITE lts	DIESEL lts	GASOLINA lts
1984	450	6,700	12,500
1985	2,550	20,770	115,312
1986	7,650	83,080	230,624
1987	7,650	83,080	230,624
1988	5,737	66,464	149,906
TOTAL	24,037	260,094	738,966

- > Suministro. De la región
- > Almacenamiento. Para gasolina no se requiere: los restantes en tambos de 200 litros.

TABLA 5.1.5 Energía Eléctrica

300 KVA en 440-V y 220-V

- > Suministro. De la línea de 18.3 Kv más próxima.

TABLA 5.1.6 Agua

Agua Cruda: 11 l/s
Agua Potable: 7,200 m ³

- Suministro de agua cruda. Pozo dentro del predio de la planta.
- Almacenamiento de agua cruda. Dos tanques de 25 m³
- Suministro de agua potable. Pozo dentro del predio de la planta.
- Almacenamiento de agua potable. Garrafones de 18 litros.

TABLA 5.1.7 Mano de Obra

PERSONAL	1984	1985	1986	1987	1988
Técnicos	19	30	48	48	48
Empleados	13	110	110	110	110
Obreros	8	398	1303	1,442	362
TOTAL	40	538	1461	1,600	520

Especialidades

- a) Técnicos: Ing. Civiles, Mecánicos, Eléctricos, Químicos, Instrumentistas y Topógrafos.
- b) Empleados: Contadores, Administradores, Aux. Administrativos, Secretarías.
- c) Obreros: Cabos, Maestros, Especialistas, Ayudantes y Peones.

Suministro. De la existente en la región.

5.1.6.3 Operación y Mantenimiento

Debido a que será una planta base operará a la máxima capacidad que sus diferente sistemas lo permitan y únicamente podrá disminuir su carga por requerimientos del sistema eléctrico, operados por el Centro de Control de Energía, así como la ocurrencia de problemas serios en determinados equipos y sistemas de la planta. (Figura 5.1.5)

Los sistemas mecánicos se enlistan a continuación:

- Sistema de vapor y Sistema de condensado
- Sistema de agua de alimentación y Sistema de agua de circulación
- Sistema de suministro y manejo de combustibles
- Sistemas de tierras
- Sistema de alumbrado (normal, crítico y de emergencia)
- Sistemas de protección de medición y control (tableros y protección)
- Sistema de baterías y Cargadores para el Sistema de 125 + 24 I.C.D.
- Sistema de generación de emergencia
- Sistema de Potencia
- Sistema de equipos en la subestación elevadora (interruptores y cuchillas)
- Sistema de aire (ventilación, aire acondicionado y de control y servicios)
- Sistema Aceite Transformadores
- Sistema Contra Incendio de Transformadores
- Sistema de Comunicación
- Sistema suministro de agua
- Sistema Planta de Desmineralización de Agua
- Sistema de almacenamiento de Agua Desmineralizada
- Sistema de Almacenamiento Sustancias Químicas
- Sistemas de inyección de Químicos al Ciclo agua-vapor
- Sistema agua de repuesto al circuito de enfriamiento
- Sistema de recubrimientos y protección catódica

Durante la operación y mantenimiento de la planta se requieren los siguientes energéticos e insumos básicos.

En combustibles, se tendrá un consumo de combustóleo tipo Bunker "C" con las características que se muestran en la Tabla 5.1.8, siendo de 36.81 ton/hr por unidad, el cual será almacenado en 2 tanques de 25,000 m³ cada uno.

Se tendrá un consumo de Diesel de 8.7 m³/hr como máximo flujo y 1.2 m³/hr como mínimo. El almacenamiento se hará en un tanque de 500 m³.

El agua tendrá los siguientes requerimientos estimados de agua para diferentes usos:

a) Agua de servicios:		
Agua potable	0.87	l/s
Agua para riego	0.58	l/s
Agua para estaciones de servicio	2.56	l/s
Agua contra incendio	41.7	l/s ⁷
Agua lavado precalentadores	78.0	l/s ⁸
b) Agua planta de tratamiento	13.31	l/s
c) Agua de repuesto al ciclo de enfriamiento	128	l/s
	$\Sigma = 264.92$	l/s ⁹

TABLA 5.1.8 Características del Combustóleo

PARAMETRO	VALOR
Viscosidad (50 ° C)	514.08
Azufre % Peso	2.96
Sodio ppm	40.09
Cenizas % Peso	0.0509
Temp. Inflamación ° C	80.65
Agua y Sedimentos % Vol.	0.390
Níquel ppm	43.30
Carbón % Peso	14.24
Presión de vapor Kg./ cm ²	0.315
Temp. Escurrimiento ° C	4.40
Gravedad relativa p. esp.	0.9823
Poder Calorífico kcal/kg.	10,288
Vanadio ppm	246.15

⁷Gasto necesario para almacenar en 8 hrs 2,400 m³ de agua, la cual sólo se utilizará en casos de incendio

⁸Gasto Máximo a utilizar con periodicidad quincenal, durante 5 hrs máximo

⁹Respecto a este gasto se considera una holgura de 15.08 l/s para el gasto máximo de la C. T., que se estima en 280 l/s

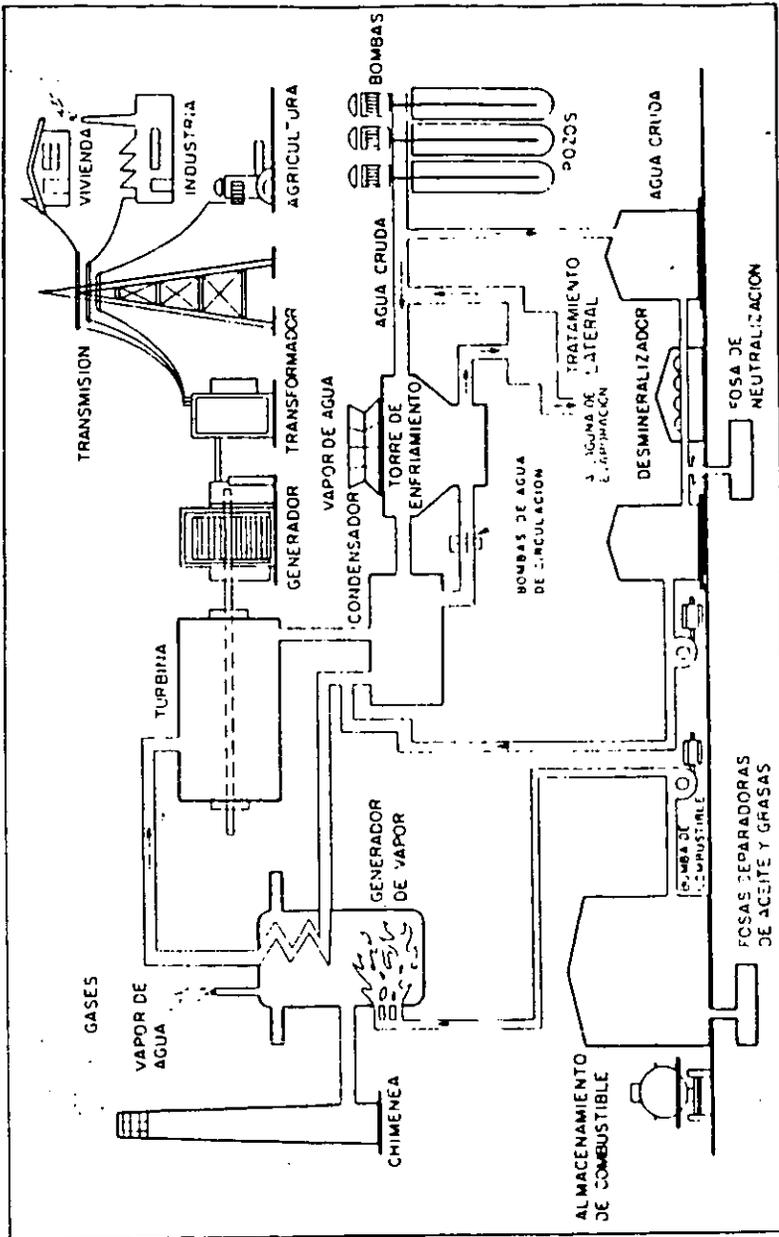


FIGURA 5.1.5 Diagrama de Flujo y Sistemas de la C.T. Lerdo

Los requerimientos de agua para el sistema de enfriamiento serán abastecidos de los pozos 3, 8, 9 y 10; para servicios y planta de tratamiento de los pozos 1 y 5. (Figura 5.1.6)

El almacenamiento de agua para servicios se hará en dos tanques de 3,000 m³ cada uno y para agua de repuesto al ciclo en un tanque de 1,100 m³.

Se utilizaron las siguientes sustancias químicas para tratamiento y protección de equipos:

- a) Lavado de la caldera. Se efectuara cada 1 o 2 años; se utilizará Fosfato Trisódico y HCL a las condiciones de la caldera, hidrazina, aminas y fosfatos para protección de la caldera; estos compuestos se almacenan en tanques de 300 a 500 lts.
- b) Protección de torre de enfriamiento. Se protege contra incrustaciones y corrosión, utilizando una concentración de 252 ppm de H₂SO₄ y 50 ppm de dispersante. Almacenados respectivamente de 45 y 10 m³.
- c) Desmineralización del agua. Hasta que se usa para repuesto a la caldera; se utiliza H₂SO₄ y NaOH* con una periodicidad de 15 y 30 hrs para regeneración de resinas; almacenándola en un tanque de 45 m³ para cada una.

Las aguas con aceites, grasas y lubricantes serán recolectadas en una fosa separadora donde tales compuestos serán separados, removidos y quemados en un incinerador. En el proceso de desmineralización se generan aguas ácidas y alcalinas las primeras se rehusarán en la torre de enfriamiento, las segundas serán neutralizadas a un pH = 7. Las aguas negras serán manejadas mediante 3 sistemas sanitarios integrados por una fosa séptica, un campo de oxidación y un pozo de absorción.

Dentro de las emisiones atmosféricas, éstas son controladas mediante el uso de chimeneas elevadas aprovechando los mecanismos naturales de difusión y dispersión. La altura de la chimenea de 70m se calculó para no rebasar las concentraciones de SO₂, PST y NO₂, contenidas en la reglamentación oficial [SEDUE, 1981][Ref. 5.3]. La Tabla 5.1.9 muestra los valores comparativos de concentración.

Durante la etapa de operación y mantenimiento de la planta se requerirán 134 personas: 55 empleados para las actividades de operación, 48 en la de mantenimiento y 9 en la de administración; este personal estará bajo la dirección y coordinación de 22 jefes distribuidos en las tres áreas citadas.

Con base en los tipos de accidentes que se van registrando durante la operación y mantenimiento de las diversa centrales eléctricas, CFE cuenta con un manual para "Normas de Seguridad e Higiene" que deben prevalecer en las instalaciones. [CFE, 1980][Ref. 5.2]

TABLA 5.1.9 Normas Oficiales y concentración de Contaminantes Esperada en la C. T. LERDO

CONTAMINANTE	NORMA OFICIAL	CONCENTRACIÓN
Dióxido de Azufre	298.30	281
Dióxido de Nitrógeno	358.68	22.9
Partículas totales en Suspensión	275	3.3

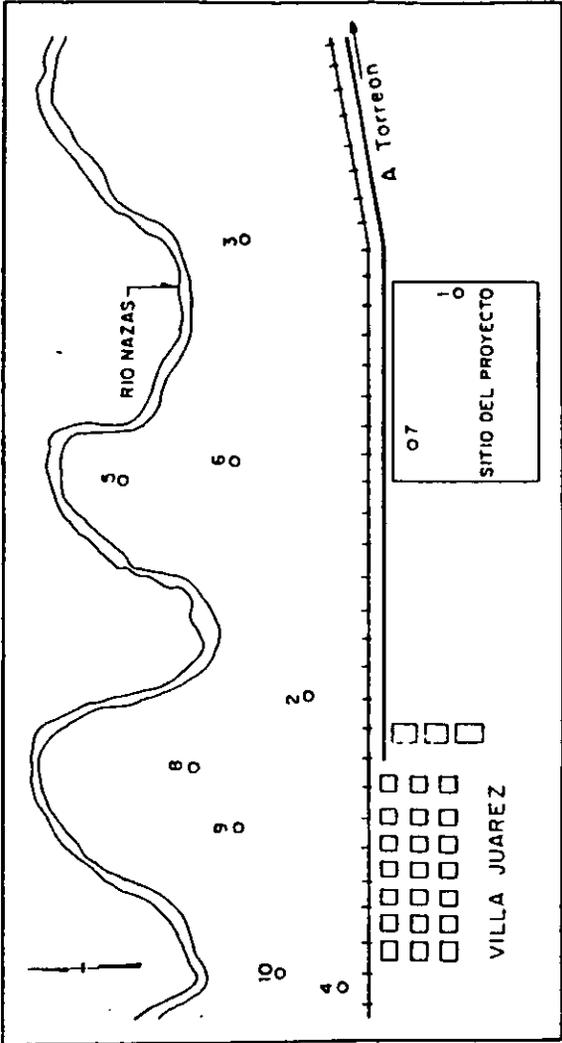


FIGURA 5.1.6 Esquema de Propuesta de Pozos para Abastecimiento de Agua a la Central

5.2 Descripción del Escenario Ambiental antes de la Realización del Proyecto "Estadio Cero"

5.2.1 Consideraciones Generales

La preparación de una Evaluación de Impacto Ambiental requiere de la descripción de las condiciones del ambiente anteriores a la ejecución del proyecto y su predicción, considerando que éste no se llevará a cabo. Para lograr esto, es necesario definir el sitio donde se ubicará y el área en que puede verse influenciada por las acciones previstas en el proyecto; lo anterior implica que cada factor ambiental tendrá su propia área física de influencia. Los factores considerados como componentes de ambiente son: aire, agua, clima, geología, suelo, flora, fauna y hombre.

5.2.2 Medio Natural

Geográficamente el área estudiada se encuentra en el cruce de los paralelos 25° 28' de latitud Norte; con los meridianos 103° 34' y 103° 50' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Con aproximadamente 133 km² es parte de la cuenca hidrográfica del Río Nazas, con sus principales poblados: 21 de Marzo, San Jacinto, La Goma, La Loma y Villa Juárez, todos ellos en estado de Durango.

5.2.2.1 Factor Aire

Los vientos dominantes anuales en la zona de Lerdo son: dirección norte y noreste; con velocidades más frecuentes de 1.5 a 3.3 m/s. En sus características estacionales se tiene que en primavera y verano se presentan mayores velocidades de 3.3 a 5.6 m/s con dirección al noreste, con 7.5 5 % de calmas respectivamente; en otoño e invierno son dominantes los vientos del noreste con un periodo de calmas respectivamente de 15.3 y 13 %.

5.2.2.2 Factor Clima

El clima según la clasificación de Koppen es: caliente - desértico (Bwhw); las características registradas en la estación climatológica Lerdo son: temperatura media anual 21.2 °C, media del mes más frío 12.9 °C, media del mes más caliente 27.8 °C; la oscilación anual de temperaturas medias mensuales es extremosa entre 7 y 14 °C [García, 1973][Ref. 5.4]

La precipitación media anual es de 244.1 mm, la media mensual máxima de 54.3 mm y la mínima de 3.9 mm. Se presentan dos épocas de lluvias separadas por una época seca corta en verano y una época seca larga en el periodo invierno - primavera.

La lluvia total anual promedio es de 240 mm, ocurriendo el 74% en los meses de junio a septiembre, distribuida en la subcuenca de estudio.

La evaporación en superficie de agua libre (evaporímetros) es de 2,316 mm por año, con una mínima de 95.8 en diciembre y máxima de 284.8 mm en mayo. Los volúmenes totales anuales evaporados por el área son de 87.69 x 10⁶ m³. Los volúmenes evapotranspirados totales anuales para el área son de 102.55 x 10⁶ m³.

5.2.2.3 Factor Agua

La subcuenca hidrológica donde se localiza el proyecto está dentro de la cuenca hidrológica Río Nazas, que a su vez forma parte de la región hidrológica No.36 Nazas-Aguanaval. El Río Nazas se forma inicialmente en la confluencia de los Ríos Sextín o del Oro, Arroyo grande y Río Ramos controlados por la presa Lázaro Cárdenas, la cual deriva aguas abajo a la presa Francisco Zarco; las derivaciones de estas presas forman el distrito de riego No.17 Coahuila y Durango, de gran importancia en el norte del país.

En el periodo de 1971 a 1981 se presentó un volumen total promedio de pérdidas de conducción al año de $68 \times 10^6 \text{ m}^3$ con máximo de $118 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1971 y un mínimo de $39 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1975. El volumen total anual promedio derivado en el área 1 es de $22.15 \times 10^6 \text{ m}^3$ y en el área 2 es de $79.53 \times 10^6 \text{ m}^3$. El volumen para uso agrícola, en la zona de riego de San Jacinto, es de $12.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ para el área 1 y de $37.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ para el área 2. (Figura 5.2.1)

La calidad de agua, en agua subterránea se midieron con los sólidos totales disueltos (STD), y se encontraron que las mínimas concentraciones de STD, están en ambos márgenes del Río Nazas, variando de 390 a 860 mg/l. Las máximas se localizaron al sur del poblado León Guzmán con 3,300 mg/l. La concentración promedio en el área es de 1,061 mg/l. Mientras que su dureza en agua subterránea es incrustante con el índice de saturación promedio de +0.33 y con un rango de -0.14 (agresiva) a +0.83 (incrustante). En el área se tiene un mínimo de 16 mg/l de Silice en el poblado el refugio y máximo de 76 mg/l en Juan E. García, con un promedio de 35 mg/l. Y por último, la distribución de los Sulfatos es similar a la de STD con un mínimo de 400 a 600 mg/l en las márgenes del Río y las mayores concentraciones se localizan al sur del poblado León Guzmán con 1,500 mg/l. (Tabla 5.2.1)

Dentro de la calidad de agua en agua superficial, la concentración de STD a la salida de la presa Francisco Zarco varía con respecto al tiempo de 244 a 189 mg/l, en mayo. El agua superficial en la estación las piedras, en donde se pretende captar el agua para la Central Termoeléctrica Lerdo, es de buena calidad ya que registró un valor medio de 253 mg/l de STD. Con respecto a su dureza, en la estación de Piedras Negras, el valor promedio del índice de saturación es de +0.27 (incrustante). con lo que respecta al Silice se determinó un mínimo de 15 mg/l y un máximo de 25 mg/l, con un valor promedio de 20.8 mg/l los cuales muestran que se presentan bajas concentraciones. Por último, en la estación de Piedras Negras se observó un mínimo de sulfatos de 20 mg/l y un máximo de 39 mg/l, con promedio de 29 mg/l, lo cual indica la buena calidad del agua superficial para uso en el sistema de enfriamiento.

El total de aprovechamiento de agua censados fue de 204, correspondiendo 161 a pozos profundos, de los cuales, 127 se encuentran operando y 34 sin uso, 43 norias, encontrándose operando 36 y 7 sin uso. [CFE, 1985][Ref. 5.5]

De los pozos activos 87 corresponden a uso agrícola, 18 agrícola - pecuario, 14 municipal y 8 pecuario. La profundidad de los pozos varía de 10 a 308 m, correspondiendo 32 pozos de 101-150 m, 30 de 21-50 m, 21 de 201-308 m, 9 de 1-20 m, y de 47 se desconoce su profundidad. El diámetro del ademe varía de 18 a 72 cm. Las norias son excavadas manualmente, variando su profundidad de 5 a 20 m con diámetro de perforación de 0.69 m hasta 2.03 m [Anónimo, 1986].

En el área 1 (Figura 5.2.1) el volumen total de extracción es de $1.9 \times 10^6 \text{ m}^3$, correspondiente a un caudal promedio de extracción diario de 505.6 l/hr durante las 24 hrs del día, los 365 días del año.

En el área 2 (Figura 5.2.1) el volumen anual de extracción es de $65.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ el cual corresponde a un caudal promedio diario de 2080 l/s operando todos los días del año. [CFE, 1985][Ref. 5.5]

La distribución de pozos y norias por uso y volumen de extracción se indica en la Tabla 5.2.2

TABLA 5.2.1 Análisis Químicos de Muestras de Agua

No	No de Aprox	No de Aprox	Fecha	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Li mg/l	Dureza total como CaCO3 mg/l	Alcalinidad como CaCO3 mg/l	pH	CE Microh oras	Te mp. oC	HCO3 mg/l
1	3	pozo	VIII/85	2.8	0.71	2.74	.13	.007	175.4	244.3	7.8	650	22	4.84
2	5	pozo	VIII/85	2.5	.58	0.09	.17	.007	153	147.8	7.52	420	26	2.95
3	6	pozo	VIII/85	0.47	.17	12.96	.35	.012	31.9	582	8.18	1400	22	11.84
4	9	pozo	VIII/85	3.75	.8	2	.11	.0047	217.5	160	7.79	856	22	3.2
5	530	pozo	VIII/85	3	.36	1.16	.13	.006	168	142.5	7.75	3200	24	2.85
6	1288	pozo	VIII/85	9	13.22	13.6	.44	.046	1109	235.3	7.68	2040	23	4.71
7	1289	pozo	VIII/85	6.8	4.25	9.96	.18	.016	551.76	327.2	8	700	22	6.54
8	2400	pozo	VIII/85	3.65	1.85	1.42	.31	.009	274.8	172.2	7.78	3900	25	3.44
9	2403	pozo	VIII/85	16.5	13.22	8	.55	.022	1484	187.8	7.4	400	25	3.74
10	2407	pozo	VIII/85	1.61	.47	1.7	.11	.004	103.9	160.7	7.89	403	27	3.21
11	2408	pozo	VIII/85	.84	1.27	1.45	.67	.004	105.4	70.5	7.9	640	27	1.41
12	2418	pozo	VIII/85	2.75	12.5	9	.24	.010	189	219.8	7.82	3400	26	4.39
13	2575	pozo	VIII/85	9.5	7.6	1.88	.22	.017	854	178	7.6	5500	28	3.58
14	2576	pozo	VIII/85	16	14.63	1.465	.43	.039	1529	213	7.09	1890	25	4.28
15	2582	pozo	VIII/85	5.9	5.87	2.15	.18	.019	587.5	203.4	7.7	1781	27	4.07
16	2586	pozo	VIII/85	6.1	4.55	16.2	.09	.032	531.6	201.7	7.5	1500	23	4.03
17	2589	pozo	VIII/85	10.4	4.89	24.5	.14	.008	784	160	7.8	1320	28	3.2
18	2590	pozo	VIII/85	7.05	4.62	6.5	.84	.022	582.8	291	7.66	1289	25	5
19	2591	pozo	VIII/85	7	4.07	3.09	.11	.004	553	195.5	7.78	890	27	3.9
20	2592	Pozo	VIII/85	5.2	2.92	2.70	.12	.004	486	206.5	7.74	3950	25	4.13
21	2597	Pozo	VIII/85	8.8	2.48	7.05	.11	.003	563.6	207.4	7.68	1170	25	2.68
22	2598	Pozo	VIII/85	5.11	2.52	2.35	.13	.003	380	156.6	7.56	527	27	3.53
23	2600	Pozo	VIII/85	12.5	9.31	2.9	.26	.004	1089	132.8	7.59	1600	23	1.84
24	2604	Pozo	VIII/85	8.5	1.65	1.74	.11	.004	507.4	176.3	7.58	252	27	2.85
25	2607	Pozo	VIII/85	2.32	1.74	1.23	.14	0	202.3	91.8	7.48	2900	26	1.87
26	2609	Pozo	VIII/85	11.2	9.04	17.83	.18	.004	761.5	142.6	7.8	1150	27	4.2
27	2617	Pozo	VIII/85	1.33	0.20	1.33	.11	.003	76.4	93.5	7.87	1010	25	6.3
28	2620	Pozo	VIII/85	9.35	8.60	46	.35	.029	895	210	7.96	2200	25	5.97
29	2622	Pozo	VIII/85	4.75	1.55	.78	.16	.009	315	314	7.91	284	22	4
30	2622-B	Pozo	VIII/85	4.6	.94	9.35	.22	.010	277	296.5	8.2	2120	22	1.98
31	2624	Pozo	VIII/85	7.5	5.46	4.6	.13	.019	647	200	7.95	1058	25	3.16
32	2628	Pozo	VIII/85	1.15	.22	4.5	.15	0	68.6	99.2	7.62	624	25	3.33
33	2892	Pozo	VIII/85	10.5	7.08	8.3	.15	.004	678	158.3	7.46	1800	23	3.44
34	2893	Pozo	VIII/85	5	3.13	0.93	.12	.004	406.1	198.4	7.48	2950	22	2.28
35	2894	Pozo	VIII/85	3.25	2.05	3.65	.10	.003	364.6	172	7.6	860	30	3.44
36	2895	Pozo	VIII/85	7	6.2	2.10	.11	.004	658	114	7.32	1800	27	5.18
37	2480	Pozo	VIII/85	9	7.85	12.74	.29	.014	841.4	172.2	7.50	1054	24	3.56
38	3332	pozo	VIII/85	3.15	1.15	3.91	.26	.017	214.4	259	7.5	800	26	5.69

TABLA 5.2.2 Distribución del Uso y Extracción del Agua

ÁREA 1				
USO	No. de Pozos	Extracción m ³ x 10 ⁶	No. de Norias	Extracción m ³ x 10 ⁶
Agrícola	26	12,897.4	1	71.3
Agrícola Pecuario	4	2,423.9	1	0.5
Pecuario	7	303.4	1	35.4
Municipal	5	207.0	10	7.6
Sin Uso	11	—	3	—
TOTAL	55	15,831.2	16	114.8
ÁREA 2				
USO	No. de Pozos	Extracción m ³ x 10 ⁶	No. de Norias	Extracción m ³ x 10 ⁶
Agrícola	59	53,523.1	1	40.6
Agrícola Pecuario	14	11,579.3	—	—
Pecuario	1	50.0	5	49.5
Municipal	9	360.0	17	7.6
Sin Uso	23	—	4	—
TOTAL	106	65,512.8	27	97.7

5.2.2.4 Geología

El aspecto físico del estado de Durango, está definido por 4 provincias fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte, Sierra Madre Oriental y Mesa del Centro. El proyecto de la C.T. Lerdo se halla enclavada en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, comprendiendo el 5.39% de la superficie total del estado. [INEGI, 1986][Ref. 5.6]

Está configurada por un conjunto de montañas plegadas con fallas, fracturas y sobreposiciones. Fisiográficamente el área de estudio se haya en la parte sur de la planicie central del norte; geomorfológicamente consta de Sierras alineadas con dirección NW-SE, el Samoso, San Carlos y España, con pendientes cóncavas y elevaciones que van de 1,500 a 2,650 msnm. Entre las Sierras se localizan valles en forma de U, en los cuales afloran, los cerros El Reliz, Peñasco Blanco, Colorado, Pichado, Melones, con pendientes convexas y alturas de 100 a 150 m con respecto al área plana de los valles. Las drenan y las erosionan afluentes de los ríos perennes Nazas y Aguanaval. [INEGI, 1986][Ref. 5.6]

En el estado de Durango ocurren cuatro provincias geológicas al Oeste de la Sierra Madre Occidental, al Norte de Chihuahua, al Este la Coahuila y hacia el extremo sudeste la Altiplano mexicano. En los extremos Noreste y Este se localizan las subprovincias geológicas, Parras y Sierra Torreón-Monterrey, de la provincia geológica Coahuila. Están formadas por un conjunto de montañas plegadas con direcciones noroeste-sur, este y oeste-este. Los constituyen principalmente rocas sedimentarias de los tipos clásicos, Químico y bioquímico, que se forman a partir de depósitos de sedimentos y de precipitaciones químicas durante el Mesozoico. [INEGI, 1986][Ref. 5.6]

En particular, en el área de estudio se identificaron afloramientos de 6 formaciones y 2 series geológicas las que datan del Triásico Superior al reciente, la columna cronoestratigráfica es la siguiente: Formación Nazas, La Gloria, La Casita, serie Coahuiliana y Comancheana, Formación Ahuchila, rocas volcánicas no diferenciadas y aluvión. [INEGI, 1986][Ref. 5.6]

En cuanto los rasgos disyuntivos más sobresalientes, se encuentra la falla inversa en la Sierra España y dos sistemas de fallas normales y fracturas; uno en el Refugio y El Rosario con dirección N-S, y el otro en El Samoso y San Carlos las fallas y fracturas tienen rumbos NW-SE y NE-SW cortándose oblicuamente. Su distribución estratigráfica se presenta en la Figura 5.2.2.

5.2.2.5 Factor Suelo

La principal unidad de suelo en la zona del proyecto es el Xerosol Háplico mezclado con suelos de Vertisol crómico. Este tipo de suelo es ligeramente salino, con drenaje interno tipo drenado, la profundidad del suelo es mayor de 100 cm. El horizonte A es ócrico de 20 cm, con una reacción moderada al ácido clorhídrico, su estructura es de bloques de tamaño medio y con desarrollo fuerte. El horizonte B es cámbico, también presenta reacción moderada al ácido clorhídrico, pero su estructura es másiva.

El suelo en la zona de influencia del proyecto tiene predominantemente un uso para la agricultura de riego para gravedad. Las áreas de riego se extienden a partir del sitio del proyecto aproximadamente 2 km al Sur, 0.5 km al Oeste y Este y 4 km al Norte. Los principales cultivos en las áreas de riego en la zona del proyecto por orden de importancia en cuanto a la superficie cultivada son: el algodón, jitomate, sandía, melón y alfalfa.

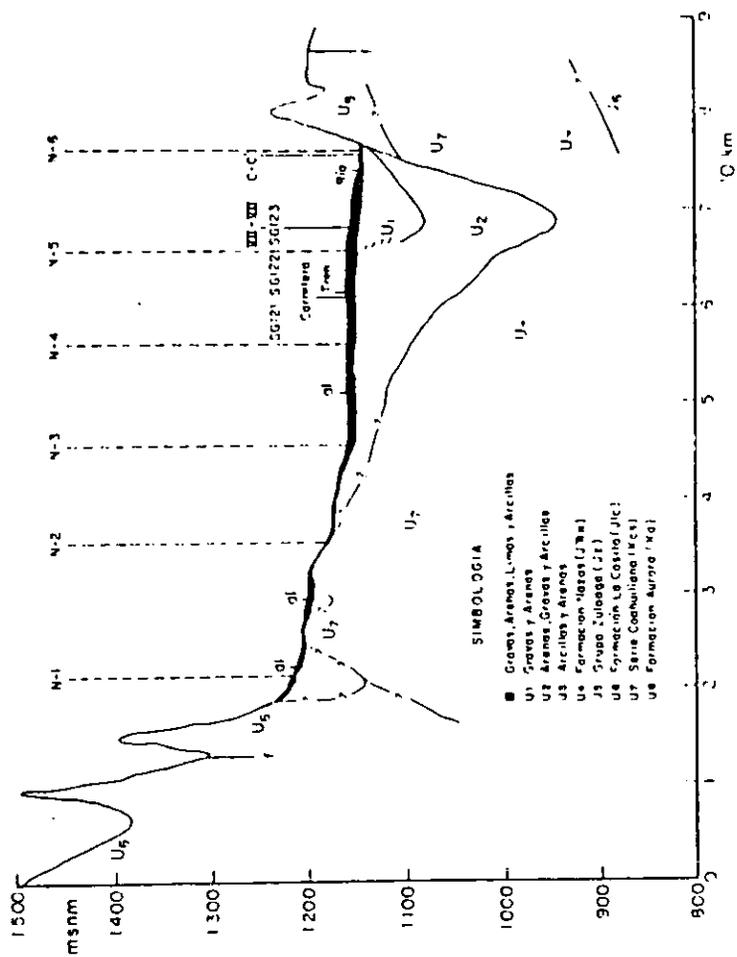


FIGURA 5.2.2 Sección Geológica y Distribución Estratigráfica

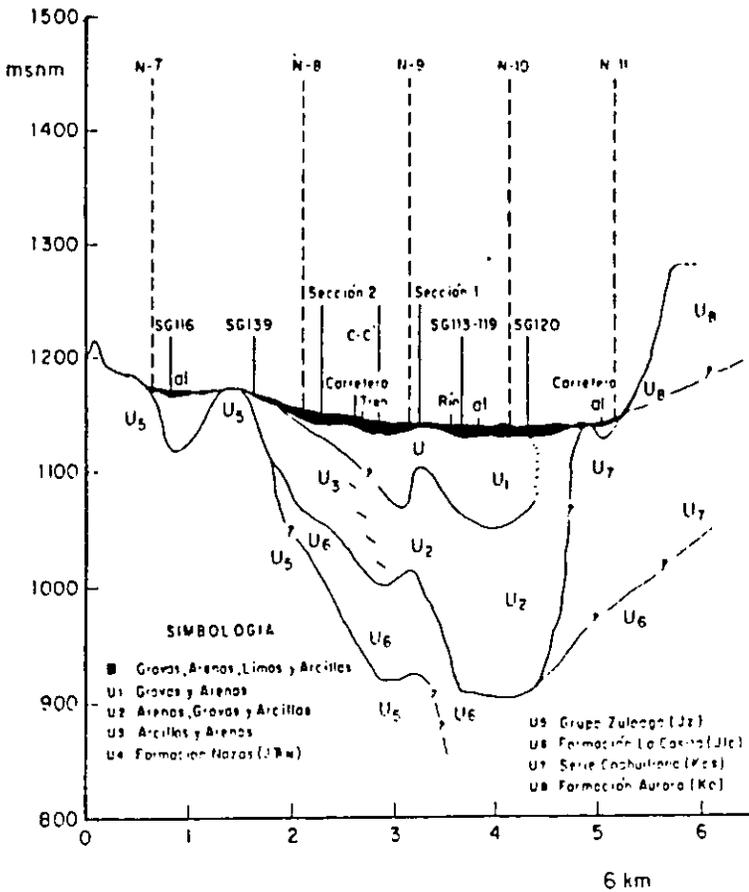


FIGURA 5.2.2 Sección Geológica y Distribución Estratigráfica

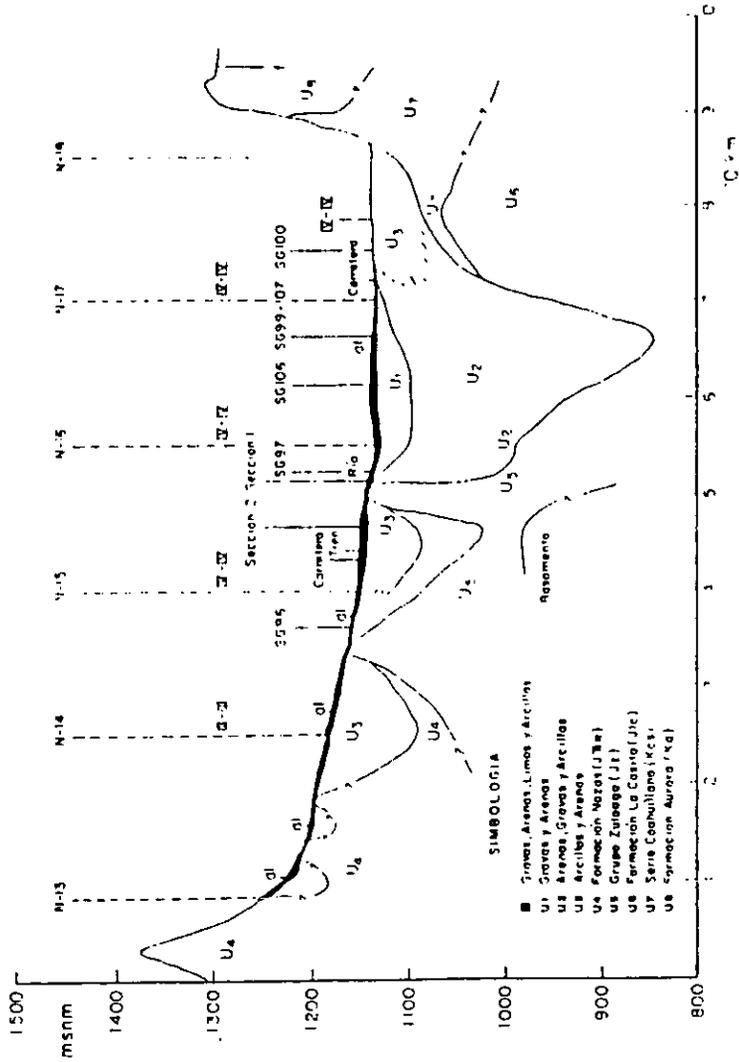


FIGURA 5.2.2 Sección Geológica y Distribución Estratigráfica

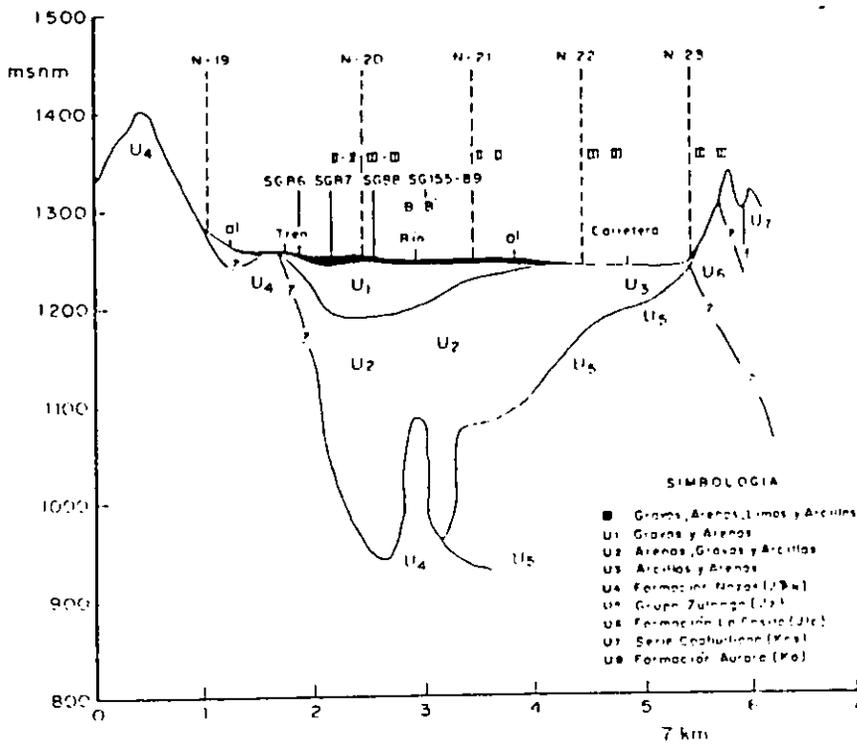


FIGURA 5.2.2 Sección Geológica y Distribución Estratigráfica

ESTADÍSTICO SALTE
DE LA UNIVERSIDAD

En la zona de influencia del proyecto también existen áreas de agricultura temporal con cultivos anuales y áreas en las que se ha suspendido el riego, aunque son de mínima extensión

Otros usos del suelo son los de pastizal inducido y el uso para los asentamientos humanos entre los que se encuentran 19 poblaciones en un radio de 5 km al sitio con superficies generalmente muy pequeñas con excepción de Villa Juárez.

5.2.2.6 Vegetación

Las características estructurales y funcionales de las comunidades vegetales han sido significativamente alteradas por la actividad humana, principalmente con la relacionada con la agricultura de riego. La vegetación natural, que persiste en áreas con altura por arriba de los 1,160 msnm, perteneciente a la comunidad desértica xerófila, constituida por matorrales micrófilos y rosetófilos cuyas especies (ver Tabla 5.2.3) [DETENAL, 1978][Ref. 5.10] son en su gran mayoría formas biológicas que son un modo de adaptación del reino vegetal para afrontar la aridez. [Rzedowski, 1972][Ref. 5.7]

La vegetación xerófila es muy variada en su composición florística, llegando a constituir cerca de la cuarta parte de la flora y junto con ésta las especies de *Viguiera*, *Leguminosae*, *Graminae* y *Flourenzia* juegan un papel dominantes o codominantes. También es interesante observar una amplia participación de monocotiledóneas de familias diversas que pueden ser dominantes en este tipo de vegetación. [Rzedowski, 1972][Ref. 5.7]

La vegetación xerófila, está constituida por asociaciones de varias especies codominantes, lo que puede denominarse asociación de *Prosopis-Larrea* (Mesquite-gobernadora). Otras especies importantes en adición para la formación de asociaciones son *Flourenzia* (hojasen), *Opuntia*, Mimosa (nopaleras), *Agave* (maguey), *Fougueira* (ocotillo), etc. Bajo los nopales se encuentran algunas gramíneas de los géneros *Bouteloua*, *Setaria*, *Aristida*, *Hilaria* y *Muhlebergia*. [Hentry, H.S., 1967][Ref. 5.8]

Otro tipo de vegetación importante en la zona de estudio es la vegetación arbórea en las vegas de los ríos. Se caracteriza por la presencia de *Prosopis juliflora* (mesquites), especie dominante que tiene forma biológica arbórea, algunos *Populus spp* (álamos), *Salix spp* (sauces) y *Taxodium mucronadum* (ahuehuetes) crecen rápidamente en las vegas de los ríos así como terrenos planos de drenaje superficial. [Hentry, H.S., 1967][Ref. 5.8]

Los árboles que integran el estrato superior de talla mayor de 4m crean manchones densos que se intercalan en dos estratos; uno constituido por matorral subinerme que crece de 1.5 a 2 m de altura, representado por *Acacia greggi*, *Celtis pallida*, *Flourenzia cernua* y *Bacchanis flutinoso* (higuerilla) y otro contornado por pastizal *Sporobolus airoides wrightii*, todas estas plantas crecen sobre el suelo de aluviones recientes de textura arenosa (fluvisol calcálico). [Hentry, H.S., 1967][Ref. 5.8]

La vegetación natural en la zona del proyecto constituida por matorrales xerófilos tiene en la comunidad un valor económico limitado ya que su utilidad es a nivel domestico, básicamente para fines medicinales. En cuanto a la agricultura de riego, ésta actividad humana es considerada como de alta jerarquía en el marco agropecuario a nivel nacional, y es una de las actividades más importantes a nivel local.

5.2.2.7 Fauna

Las comunidades animales en la zona del proyecto han sido alteradas por la actividad humana. La fauna se ha visto forzada a desplazarse hacia las zonas más altas donde la influencia humana es menor.

TABLA 5.2.3 Composición y Distribución Florista en la Zona de Influencia del Proyecto

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	E-8	E-13	E-14	E-15	E-48	E-51
Aloysia wrightii	Vara Dulce	S					
Acacia Vernicosa	Largoncillo	S	S		S		
Mimosa Sp	Gatuño	S		M			
Opuntia Leptocalis	Tasajillo	M	I	M		M	
Cordia Greggii	Nagua Blanca	M		S		M	S
Tecoma Stans	Trompeta	M			S		
Opuntia Imbricata	Cardenche	M		M		S	S
Jatropha Dioica	Sangre Drago	I	I	I			
Opuntia Sp	Nopal	I					
Heteropogun Contortus	Zac. Colorado	I	I		I		
Parthenium Incanum	Mariola	I				M	
Fouquieria Splendens	Ocotillo		S		S		S
Lippia Graveolens	Oregano		S, I				
Opuntia Rufida	Nopal Cegador		I		M		M
Leucophyllum Laevigatum	Cenizo		I				
Opuntia streptacantha	Nopal Cardon		I				
Acacia Berlandieri	Frijolillo		I				
Agave Lecheguilla	Lecheguilla			I	I		
Boutelona Gracilis	Zac. Chino						
Prosopis Laevigata	Nesquite			S		S	
Celtis Pallida	Granjeno			S	S	S	
Condalia lycioides	Tecomplate			S	S	M	
Buddleia Marrubifolia	Salvillareal			M			
Opuntia Macrocentra	Nopal			M			
Agave Sp	Maguay			I			
Erioneuron Pulchellum	Zac. Borreguero			I	I		I
Aristida Adscensionis	Zac. Tres barbas				I		I
Boutelona Curtipendula	Zac. Banderita				I		
Atriplex Canescens	Chamizo					M	
Hilaria Mutica	Zac. Toboso					I	
Krameria Grayi	Chacate					I	
Fluourenca Cernua	Hojasen						I
Setaria Viridis	Zac. Cola de zorra					I	I

E8, E13, E14, E15, E48, E51 : Puntos de verificación
S, M, I: Estrato Superior, Medio, Inferior.

TABLA 5.2.4 Especies de Mamíferos

Nombre Científico	Nombre Común	Habitat	Alimentación
ORDEN MARSUPIALA			
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	Arbóricolas	Omnívoro
ORDEN INSECTIVORA			
<i>Sorex saussurei</i>	Musaraña	Terrestre	Insectívoro
<i>Netlosorex</i>	Topo ciego	Madrigueras	Insectívoro
ORDEN CHIROPTERIA			
<i>Aello megalophylla</i>	Murciélago	Cuevas	Nectar
<i>Cheronycteris mexicana</i>	M. Lengullargo	Cuevas	Nectar
<i>Desmodus setundus</i>	Vampiro	Cuevas	Nectar
<i>Myotis californicus</i>	M. de California	Ranchos	Hematófago
<i>Pipistrellus hesperus</i>	Pipistrello	Planicies	Insectívoro
<i>Eptesicus fuscus</i>	occidental	Huecos en roca	Insectívoro
<i>Plecctus tursentis</i>	M. moreno	roca	Insectívoro
<i>Antrosous pallidus</i>	Orejas de mula	Cuevas	Insectívoro
<i>Tadarida brasiliensis</i>	M. pálido	Huecos en roca	Insectívoro
<i>Tadarida femosaca</i>	M. coludo	roca	Insectívoro
	M. de cola libre	Cuevas	
		Cuevas	
ORDEN LACOMORREA			
<i>Suliyaglus audubonii</i>	Conejo cola blanca	Madriguera	Herbívoro
<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	Madriguera	Herbívoro
<i>Lepus calletis</i>	Liebre torda	Madriguera	Herbívoro
ORDEN RODENTIA			
<i>Spermophilus spilesma</i>	Ardilla moteada		
<i>Spermophilus varicaptus</i>	Ardilla de roca		
<i>Thomomus umbrinus</i>	Tuza	Madriguera	Herbívoro
<i>Dipodemus morriamis</i>	Raton canguro		
<i>Dipodemus morriamis</i>	Raton de pinos		
ORDEN CARNIVORA			
<i>Canis latrans</i>	Coyote	Madriguera	Omnívoro
<i>Canis lupus</i>	Lobo gris	Madriguera	Carnívoro
<i>Vulpes sinseri</i>	Zorro	Madriguera	Carnívoro
<i>Urocyon</i>	Zorra gris	Madriguera	Omnívoro
<i>Ursus arctos</i>	Oso pardo		Extinto
<i>Basariscus astutus</i>	Cacomixtle	Cuevas	Omnívoro
<i>Procyon loten</i>	Mapache	Madriguera	Omnívoro
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	Madriguera	Carnívoro
<i>Taxidea taxus</i>	Tejon	Terrestre	Carnívoro
<i>Spilcare puteris</i>	Mofeta	Madriguera	Carnívoro
<i>Felis canceler</i>	Puma		Carnívoro
<i>Lynx rufus</i>	Gato montes	Madriguera	Carnívoro

La fauna en esta zona es de la característica de las comunidades desérticas constituida por animales adaptados a la climatología y composición florística, de la cual dependen para su alimentación. Predominan en estas áreas los grupos de reptiles y aves ampliamente adaptados a este tipo de comunidades; siguen en importancia los mamíferos, los cuales muestran amplias diferencias entre sí. La población de anfibios es muy pobre, pero sin embargo existen algunas especies adaptadas a este tipo de ambiente. [SEDUE, 1988][Ref. 5.9]

Después de la revisión bibliográfica no se encontró información específica para la zona del proyecto en cuanto a Aves, Reptiles y Anfibios, solamente se obtuvieron listas de especies para el estado de Durango. En el caso de los mamíferos se encontró información para el Municipio de Lerdo en donde se ubica el proyecto, la lista de especies se reporta en la Tabla 5.2.4. [SEDUE, 1988][Ref. 5.9]

A pesar de que el área donde se ubica la Central Termoeléctrica es una región Cinegética, el área se encuentra alterada: la flora de los alrededores está constituida por cultivos de riego y la fauna esta compuesta principalmente por ganado vacuno, lo cual no permite ningún tipo de actividad cinegética. [SEDUE, 1988][Ref. 5.9]

5.2.3 Medio Socioeconómico

5.2.3.1 Aspectos socioeconómicos

El área de influencia del proyecto pertenece al municipio de Lerdo, Durango. Y colinda con los municipios de Torreón, Coahuila; Cuencamé y Gómez Palacio, pertenecientes al estado de Durango.

En el área del proyecto existen 19 poblaciones con un total de 7,400 habitantes. Están distribuidos heterogéneamente, dado que sólo la población de Villa Juárez con 3,747 habitantes representa el 50% del total de las 19 poblaciones; sólo Villa Juárez está catalogado como área urbana y las demás como rurales.

En la Tabla 5.2.6 se describe la pirámide poblacional del estado de Durango ya que se carece de información más precisa para el área de influencia del proyecto. [INEGI, 1986][Ref. 5.6]

Como se puede apreciar la mayor parte de la población se da en las clases de 29 años, hacia las de menor edad a 4 años, habiendo una disminución de la población a partir de los 30 años. El mayor número de habitantes se daría en la clase de 10 a 14 años para 1985 con un total de 195,942. Con la misma problemática (carencia de información para el área de estudio) se puede apreciar la tasa de natalidad, mortandad y el flujo migratorio en el estado de Durango. (Tablas 5.2.5, 5.2.7 y 5.2.8). [INEGI, 1986][Ref. 5.6]

TABLA 5.2.5 Tasa de Natalidad y mortalidad 1950 -1985

AÑOS	TASA MEDIA ANNUAL DE NATALIDAD	TASA MEDIA ANNUAL DE MORTALIDAD
1950	47.7	11.7
1960	49.1	9.0
1970	46.7	7.4
1980	41.4	5.4
1985	34.5	5.7

TABLA 5.2.6 Población por Grupos de Edad y Proyecciones 1980 - 1985

GRUPOS DE EDAD	1980	1985
TOTAL (Años)		
0-4	1182320	1328143
5-9	173530	198228
10-14	194884	178440
15-19	137705	195942
20-24	97097	175304
25-29	70898	126536
30-34	59696	87549
35-39	54465	67000
40-44	47709	60475
45-49	40817	51245
50-54	32438	45817
55-59	24585	38780
60-64	18441	31373
65-69	15540	23852
70-74	13504	16938
75-79	9096	12719
80-84	5247	9596
85-Mas	3231	5439
NO Especificado	6576	2910

TABLA 5.2.7 Flujo Migratorio por Entidad Federativa 1970 -1980

AÑO	INMIGRANTES	%	EMIGRANTES	%	SALDO NETO MIGRATORIO
1970	67064	100	230047	100	(-1162983)
1980	123101	100	181020	100	(-1157919)

TABLA 5.2.8 Población Total Por Sexo y Tamaño de Localidad Según Municipio 1980

MUNICIPIO Y TAMAÑO DE LA LOCALIDAD	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
LERDO	73527	36959	36568
1-99	1499	747	702
100-499	6491	3413	3078
500-999	8015	4133	3882
1000-1999	7315	3749	3566
2000-2499	2353	1191	1162
2500-4999	14434	7356	7078
20000-49999	33470	16370	17100
GÓMEZ PALACIO	180011	89040	90971
1-99	3545	1833	1712
100-499	19928	7466	7279
500-999	24826	10236	9692
1000-1999	116967	12674	12152
10000-499999		56831	60136

La ubicación estratégica, la infraestructura y la disponibilidad de la mano de obra, colocan a la región lagunera como un importante polo de desarrollo para la industria de exportación y maquiladora. Las principales ramas de actividad son la agricultura y la ganadería representando aproximadamente el 24% de la población económicamente activa lo que a su vez representa el 30% de la población total. Otro renglón importante lo constituye la minería con sus ricos distritos en plata, plomo, zinc y oro el cual ha impulsado la industria.

A falta de información de la zona de estudio se da la de los municipios más cercanos que son Lerdo y Gómez Palacio Durango. Con la información de la población económicamente activa por rama de actividad por municipio y ocupación principal en el anuario estadístico del INEGI se supo que el ramo de agricultura, ganadería y caza, tiene el mayor número (10,746) en el municipio de Gómez Palacio y por ocupación los agricultores representan el mayor número (9,386).

5.2.3.2 Aspectos Económicos Regional y Subregional

La principal actividad productiva en el área es la agrícola, siendo los productos principales, el algodón, jitomate, sandía, chile, maíz, melón y alfalfa, con canales de comercialización México, Torreón y autoconsumo. (Figura 5.2.3 y Tabla 5.2.9) [Anónimo, 1986][Ref. 5.11]

Se utiliza maquinaria agrícola, semillas mejoradas, combate de plagas y malezas y se emplean fertilizantes. Por ello el sistema de tecnificación se puede catalogar como bueno y permite obtener buenas cosechas. Se utiliza riego por gravedad con aguas de presas o pozos cuando no es posible abastecer de la primera fuente. La forma de la tenencia y su forma de organización de trabajo de la tierra es ejidal. [Anónimo, 1986][Ref. 5.12]

5.2.3.3 Calidad de Vida

El tipo predominante de vivienda es el particular y se caracteriza por tener pisos y paredes de adobe y en segundo lugar en tabique, el material del techo es de loza de concreto.

Como infraestructura en el área se cuenta con 2 carreteras pavimentadas, una que comunica a Lerdo y Gómez Palacio con León Guzmán y otra que une tales ciudades y además Torreón con el poblado de Villa Juárez. Existe además una vía férrea que comunica a Torreón con Durango.

En cuanto a la disponibilidad de servicios en las poblaciones se presenta gran heterogeneidad y deficiencia, existiendo una correlación con el número de habitantes de cada una. Así, se tiene que sólo Villa Juárez cuenta con la mayoría de los servicios y las demás poblaciones tienen grandes carencias sobre todo en lo que respecta a conducción, almacenamiento y distribución de agua, asistencia médica y servicios municipales; todas las poblaciones tienen abastecimiento de agua a través de pozos, el mayor grado de escolaridad es el de secundaria; la gran mayoría cuenta con línea eléctrica y televisión; sólo existe un cementerio, un mercado, un centro de salud, y todos estos se encuentran en la población de Villa Juárez

5.2.3.4 Aspectos Históricos, Antropológicos, Arqueológicos, Étnicos y Estéticos

La actitud de la población hacia el proyecto es un aspecto diverso y relativo de definir ya que hay grupos que ven el beneficio del proyecto. Así mismo hay grupos que por desconocimiento de datos y efecto que causaría el proyecto, se manifiestan en contra del mismo.

El área del proyecto se caracteriza por una escasez de valores físicos arqueológicos, existen únicamente en la población de Villa Juárez unas ruinas de la Hacienda de Avilés, edificada en 1932, así como una iglesia colonial sin fecha de construcción.

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

TABLA 5.2.9 Superficie Agrícola de Riego y Temporal de la Región Lagunera

MUNICIPIOS	TOTAL	USO MULTIPLE	SUPERFICIE AGRICOLA		SUPERFICIE	OTROS
	HECTAREAS	HECTAREAS	RIEGO	TEMPORAL	FORESTAL	USOS
COAHUILA						
TORREON	194,770	170,287	15,414	632	7,109	1,328
MATAMOROS	100,370	49,245	40,770	538	6,940	2,879
SAN PEDRO	994,240	780,773	63,238	1,301	147,496	1,432
FCO. T. MADERO	493,390	388,632	24,764	148	69,567	281
VIESCA	420,350	258,766	10,442	987	149,178	977
TOTAL	2,203,120	1,857,703	154,628	3,602	380,290	6,897
DURANGO						
RODEO	185,490	107,450	3,186	7,187	62,350	5,317
NAZAS	241,280	136,026	4,445	9,688	87,760	3,161
GOMEZ PALACIO	99,000	56,707	39,641			2,652
LERDO	186,880	132,895	10,268	2,683	37,759	3,253
MAPIMI	712,670	627,881	13,247	9,007	55,560	6,975
TLAHUALILO	370,980	253,265	15,057	11,042	89,729	1,893
SAN JOSE DE GPE	234,310	184,169	1,474	4,222	40,765	3,680
SIMÓN BOLÍVAR	299,800	194,936	6,268	9,102	87,529	1,965
SAN LUIS DEL CORDERO	54,390	36,982	1,038	2,370	13,158	842
SAN PEDRO DEL GALLO	200,830	166,592	394	2,952	20,310	8,542
TOTAL	2,585,630	1,896,903	95,032	60,495	494,920	38,280
GRAN TOTAL	4,788,750	3,554,606	249,660	64,097	875,210	45,177

Por lo que respecta a las características estéticas y paisajistas, se tiene que lo plano del terreno, la vegetación de tipo desértico y la natural escasa precipitación de la zona dan un escenario de bajo valor subjetivo, comparando al que se observa en áreas de bosques, selvas, con abundante vegetación, fauna y elementos fisiográficos, ecológicos, etc., que imprimen un paisaje atractivo. En contra partida a lo anterior, se tiene que por ser un área de agricultura de riego, lo verde de los cultivos contrarrestan con una vista agradable, al escenario antes citado. Por consiguiente el área de proyecto es una zona ya perturbada por la agricultura y la ganadería, no afectándose significativamente con la instalación de la C. T. Lerdo ninguna zona de vegetación y flora natural; sin embargo, ya que las zonas desérticas como ecosistemas poseen un interés natural y científico por las especies florísticas y faunísticas que lo habitan, es necesario proteger y preservar tales especies.

5.3 Estudio y Determinación de la Calidad de los Factores Ambientales

5.3.1 Consideraciones Generales

Los factores ambientales tomados en cuenta son: aire, agua y suelo; la flora y la fauna no se consideran por que prácticamente no se verían afectadas debido a su escasez en las inmediaciones del proyecto, además, estos recursos se encuentran propiamente en las montañas fuera de la influencia del mismo.

Respecto a la calidad del ambiente socioeconómico, conforme a lo descrito en el punto 2.3, se puede considerar pobre ya que existe deficiencia en servicios públicos, vivienda e infraestructura industrial y comercial, por lo que las principales actividades productivas las constituyen la agricultura y ganadería.

De las actividades realizadas en la C. T. Lerdo (limpieza de sitio, construcción, operación y mantenimiento) la actividad de operación y mantenimiento pudiese tener más influencia por el tiempo de vida útil del proyecto 30 años.

5.3.2 Estudio y Determinación de la Calidad del Aire

Debido a que en la actualidad no se cuenta con datos de operación de la C. T. Lerdo, la altura de la chimenea y las emisiones atmosféricas producidas por ésta se determinaron a partir de modelos matemáticos (Briggs y Turner) implementados en computadora por la agencia de protección al ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) y adquiridos por la Comisión Federal de Electricidad. Asimismo, dada la importancia de este factor, se hizo una simulación adicional utilizando el código Phoenix de computadora, el cual analiza la difusión de contaminantes atmosféricos (SO₂) a nivel tridimensional, encontrándose correlación entre los resultados obtenidos con los modelos implementados por la EPA y los obtenidos en el código mencionado.¹⁰

Mediante la aplicación de estos modelos que se alimentaron con datos del lugar, Tablas 5.3.1 y 5.3.2, así como del contenido porcentual de azufre en el combustible a utilizar, Tabla 5.3.3, y características termodinámicas de los gases de salida, se determinó una altura de 70 m para la chimenea con la cual se estará en condiciones de cumplir con las normas de calidad del aire. [CFE, 1987][Ref. 5.13]

De acuerdo a la velocidad del viento, temperatura de ambiente, estabilidad atmosférica y simulación por medio de estos programas, no se rebasará la concentración máxima permitida de bióxido de azufre (SO₂) de 298.3 g/m³ en ninguna de las condiciones atmosféricas mínimas y máximas del sitio del proyecto. (Figura 5.3.1 y Tabla 5.3.4) [CFE, 1987][Ref. 5.13]

¹⁰ Los resultados se muestran en el anexo 2.

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

TABLA 5.3.1 Características Meteorológicas Anuales Período 84-85

	BULBO SECO			BULBO HÚMEDO			HUMEDAD RELATIVA			PRECIPITACION		
	Temp Pro	Min	Max	Temp Pro	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max
Ene	9.9	0.8	24.9	15.4	2.3	13.8	58.6	12.8	95.9	25.4	27.1	13.7
Feb	16.1	1.1	27.7	15.4	0.4	17.6	50.0	18.7	93.4	2.8	5.2	0.8
Mar	21.3	7.5	32.7	13.9	4.1	21.2	47.5	22.1	91.4	1.3	1.3	1.3
Abr	21.6	3.3	33.3	14.3	5.7	21.8	50.2	22.1	95.2	53.3	23.0	20.8
May	25.3	11.8	36.7	21.5	11.4	21.1	73.5	41.9	96.3	97.5	14.1	20.3
Jun												
Jul												
Ago	25.1	16.4	33.4	17.6	4.3	21.8	51.6	3.2	98.9	91.4	37.1	21.3
Sep	22.9	11.5	32.6	16.5	12.5	20.4	57.6	20.6	93.7	31.0	13.2	12.7
Oct	22.1	2.5	33.8	15.7	7.1	21.2	55.7	25.8	93.2	92.9	12.3	4.3
Nov	15.8	0.3	31.2	9.9	12.2	18.7	53.2	18.5	93.8	3.0	4.3	1.5
Dic	15.8	1.9	29.5	11.5	12.5	19.2	57.2	25.2	95.9	13.7	8.2	5.6

TABLA 5.3.2 Distribución de Frecuencias de Velocidad de Viento por Mes y Año

MES	Dirección Predominante	Promedio de Velocidad:m/s	Velocidad Máxima m/s	FECHA
Enero	NNE	1.85	8.30	85/1/9
Febrero	NE	2.53	10.85	85/2/22
Marzo	NE	2.52	12.30	85/3/29
Abril	NE	2.76	10.50	85/4/27
Mayo	NE	2.27	14.10	85/5/1
Junio				
Julio				
Agosto	NE	1.83	6.70	85/8/27
Septiembre	NNE	2.79	5.45	84/9/26
Octubre	NNE	1.39	9.55	84/10/8
Noviembre	NE	2.18	9.50	84/11/15
Diciembre	NE	2.25	15.10	84/12/14

TABLA 5.3.3 Datos Generales y Meteorológicos

Temperatura promedio ambiente	°C	19.7
Dirección del viento		NE y NNE
Velocidad promedio del viento mínima	m/s	1.83
Velocidad promedio del viento máxima	m/s	2.76
No. de unidades generadoras	Nu	2
No. de chimeneas para 2 unidades		1
Capacidad de cada unidad	MW	160
Flujo de gases de cada unidad	m ³ /s	246.92
Consumo de combustibles por unidad	m ³ /H (Ce)	36.73
Contenido de Azufre en el combustible	%	3.1
Concentración máxima permitida de SO ₂	µg/ m ³	298.3
Temperatura de los gases de salida	°C	147.0

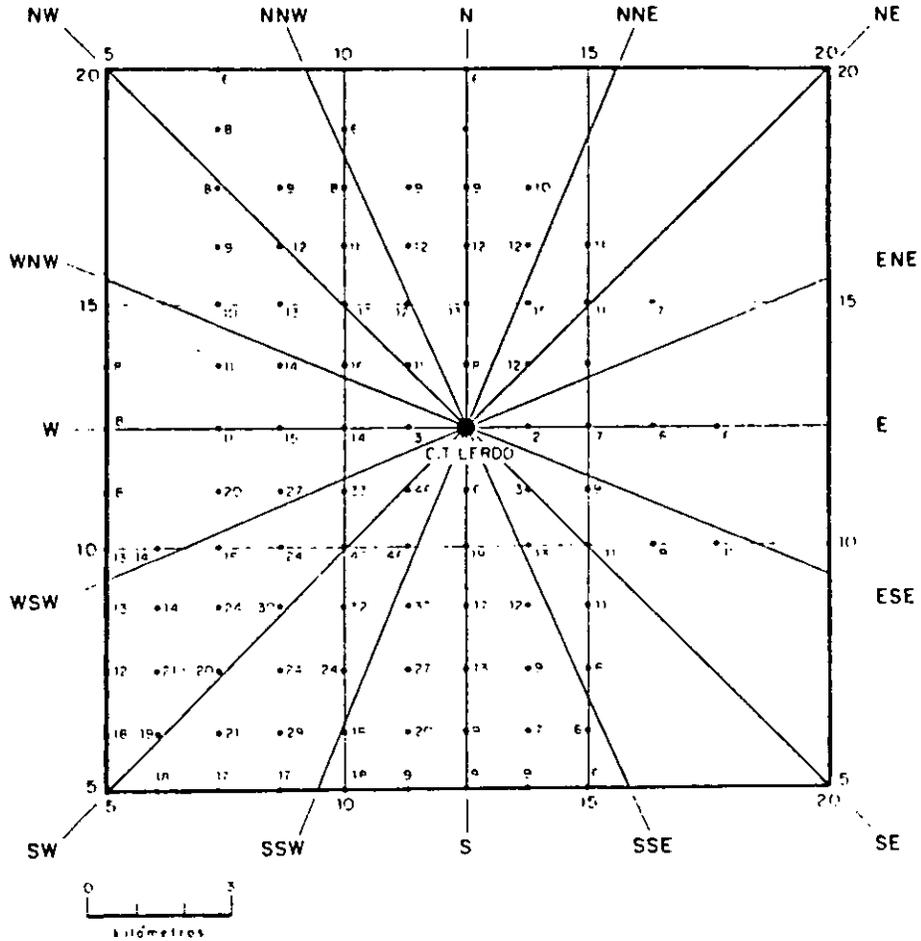


FIGURA 5.3.1 Dispersión Promedio Anual de SO2 pg/m3

TABLA 5.3.4 Velocidades Promedio de Viento

Velocidad del viento (m/s) a 10 m	Velocidad del viento (m/s) a 70 m	Concentración $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$
1.83 (Min)	2.45 (Min)	225 (Min)
2.76 (Max)	3.69 (Max)	281 (Max)

5.3.3 Estudio y Determinación de la Calidad del Agua

Considerando que se utilizará agua para el enfriamiento u otros usos, y esa agua pudiese utilizarse posteriormente para riego o descargarse en algún cuerpo receptor, se revisaron datos de la calidad actual en los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, para determinar si existe algún factor que pudiese afectar en cuanto a su uso como abastecedor o receptor del agua involucrada.

Se analizaron valores promedio (x) obtenidos de mediciones mensuales realizadas por la CFE en los cuerpos de agua existentes en la zona de Lerdo, que comprende: ejidos Villa Juárez, 6 de enero y León Guzmán. [Morales, V.R.][Ref. 5.14]

Los valores promedio de los parámetros medidos se compararon con las normas que establece el reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua, para determinar la calidad de la misma, en función de las concentraciones de arsénico, Litio, Bicarbonatos, Conductividad Eléctrica (CE) y pH, además de algunos otros elementos como Plomo, Cadmio, Zinc, Cobre y Silice. [SARH, 1986][Ref. 5.15]

Por otro lado, conforme a los valores promedio de Arsénico (As) para todos los cuerpos de agua, la mayor concentración se dio durante el octavo muestreo (8-mayo-87) correspondiente a época de lluvias. Las lluvias de agua se encontraron libres de este elemento. En consecuencia se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo que mostraron altas concentraciones de (As) a nivel superficial, disminuyendo dicha concentración a medida que aumentaba la profundidad mostrada; Por lo tanto, se concluyó que la causa probable de la presencia de (As) en los cuerpos de agua superficial se debiera al arrastre de suelos provocado por las lluvias, que confluyen en ellos.

Los parámetros reportados fueron:

- a) Concentración (mg/l) de Arsénico, Litio y Bicarbonatos;
- b) pH
- c) Conductividad eléctrica ((mhos/cm)

Se registró la presencia de Zinc en el segundo muestreo, en los pozos:

- > Pozo II SAHOP (0.04 mg/l)
- > Pozo X SAHOP (0.03 mg/l)

Y en ningún otro caso se registró su presencia, así como tampoco la de elementos tóxicos: Mercurio, Plata, Cobre, Plomo, Cadmio y Cromo. [SEDUE, 1986][Ref. 5.16]

La Tabla 3.5 resume los 15 valores máximos obtenidos para cada parámetro, ordenados de forma decreciente según su valor, y complementados con el número del pozo del cual se registra, el No. de muestreo en que se realizó y el número total de muestreos realizados por pozo.

Con respecto a la contaminación por (As) analizando los 15 valores más altos (Tabla 5.3.5) y la distribución de los pozos respectivos, se observa que los pozos más contaminados se distribuyen en la zona de la cuenca del Río Nazas correspondiente a los ejidos Villa Juárez, 6 de Enero y León Guzmán. Aunque los pozos con índices de contaminación se distribuyen a ambos lados del Río Nazas, no se considera a éste como origen de la contaminación de los pozos mediante transporte e infiltración por el manto freático, pues no existe correlación entre la contaminación de los pozos y su

distancia al río, ya que hay pozos muy alejados y contaminados y comparativamente, los hay cercanos y poco o casi nada contaminados. Por esto, se observa que el origen de la contaminación por (As) es debido probablemente a infiltración durante las lluvias de compuestos minerales que los contienen, evidenciándose el problema cuando el pozo es sobreexplotado.

Las zonas que presentaron mayor índice de contaminación por (As) fueron: el ejido de León Guzmán (8 vo. muestreo en mayo /87, época de lluvias, pozos: 2408, 2625, 2629), y el ejido Villa Juárez (2o muestreo en Nov/87, periodo seco, pozos: 1, 5, 7 y pozos de CFE: 2398, 2406, 2500). en estos casos, la contaminación de los pozos estuvo correlacionada con la distancia a los cerros. No obstante, con respecto a (As) la calidad del agua es aceptable para riego, ya que el nivel máximo registrado (3.38 mg/l, pozo 2619, 8o muestreo) no rebase la norma respectiva (5 mg/l). [SARH, 1986][Ref. 5.17]

Revisando la conductividad eléctrica (Tabla 5.3.5) se aprecia que la calidad de agua no es la apropiada para uso de riego, pues se consideran aguas con peligro de salinidad de alta a muy alta, que rebasan la norma respectiva (C. E. = 2,000 mhos/cm). (Figura 5.3.2) [SARH, 1986][Ref. 5.15 y 5.16]

TABLA 5.3.5 Valores Máximos de Cada Parámetro Medido, Según Pozo, Muestreo (Fecha) y número de Muestras por Pozo

ARSENICO (mg/l)				LITIO (mg/l)				BICARBONATO (mg/l)				pH				C. E. (umhos)			
POZO	VALOR	M	T	POZO	VALOR	M	T	POZO	VALOR	M	T	POZO	VALOR	M	T	POZO	VALOR	M	T
2619	0.38	8	2	1288	0.5	2	5	2398	430	7	3	2407	8.56	1	4	2619	4200	3	2
2629	0.36	8	4	2621	0.28	7	3	1	420	7	5	2626	8.46	1	5	2621	3120	7	3
1	0.3	2	15	2619	0.25	8	2	2408	420	1	3	1	8.3	1	5	2408	2420	2	3
7	0.15	2	4	2406	0.18	8	3	2626	397	2	5	7	8.3	1	4	2624	2390	3	5
2500	0.14	2	3	2620	0.17	8	4	2622	386	1	4	2622A	8.3	1	4	2620	2310	7	4
2626	0.11	3	5	2500	0.16	8	3	2620	383	7	4	SVII	8.23	2	2	1288	2260	3	5
2398	0.1	2	3	2629	0.16	7	4	1288	376	1	5	SVI	8.22	3	2	2500	1609	7	3
2406	0.1	2	3	2624	0.14	1	5	3314	369	8	3	2625	8.21	1	5	2629	1570	8	4
2625	0.036	8	5	3335	0.14	2	5	10	362	7	3	10	8.2	2	3	1	1306	3	5
5	0.03	7	3	7	0.1	1	4	2617	350	2	4	2400	8.2	2	4	2625	1230	7	5
2400	0.03	7	4	2626	0.1	2	5	2624	350	7	5	SIII	8.2	3	3	2622A	1174	7	4
2408	0.03	8	3	9	0.09	3	3	3	342	2	3	2408	8.19	1	3	2408	1099	2	3
2617	0.03	7	4	7	0.08	1	5	2619	338	8	2	2618	8.18	1	5	2398	1092	2	3
2624	0.03	8	5	2616	0.08	7	6	2500	326	2	3	SII	8.18	3	3	10	978	7	3
2669	0.026	8	5	2398	0.07	8	3	2618	326	1	5	SX	8.16	2	3	2617	932	7	4

M: Número de muestreo (Fecha)

T: Número de muestreos totales por pozo

5.3.4 Estudio y Determinación de la calidad del Suelo

El tipo de suelo es típico de las regiones áridas, donde el agua no llega a percolarse a través de todo el perfil, debido a las condiciones geográficas del área y a la evaporación que es mayor que la precipitación durante casi todo el año. Por ello, se considera prioritario el recurso suelo-agua.

El principal uso del suelo es la agricultura de riego, que demanda grandes volúmenes de agua (Tabla 5.3.6); debido a esto se han sobreexplotado los pozos en la zona, lo que a futuro puede conducir al abatimiento de los mantos freáticos, los cuales han tenido un notable descenso (el nivel estático descendiente aprox. 2m/año)

Por las condiciones naturales, el uso y la disminución del volumen de agua, este tipo de suelos tienden a concentrar grandes cantidades de sales formando horizontes salinos, ya que además, estos suelos presenten en su perfil carbonato de calcio lo cual favorece en algunos de ellos que se formen horizontes petrocálcicos (por acumulación y cementación) lo que hace improductivos con tendencia a la desertización.

Sin embargo, actualmente, la condición de los suelos en la zona del proyecto es buena, ya que se encuentra libre de salinidad y el valor reportado de sodio intercambiable es muy bajo y no requiere ningún tipo de práctica tendiente a bajar la salinidad.

TABLA 5.3.6 Volúmenes de extracción en el Acuífero de Villa Juárez por Sectores

USO	CAUDAL (miles de m ³ al año)	EXTRAÍDO	No.DE POZOS	No DE NORIAS
Agrícola	81,702.4	2,589.1	99	1
Pecuario	5,435.2	172.2	16	5
Doméstico	47.3	2.5	3	12
Municipal	388.8	12.3	10	---
TOTAL	87,573.7	2,776.1	128	18

5.3.5 Interacción del Proyecto con los Factores Ambientales

En general, la calidad de los factores ambientales (aire, agua y suelo) es buena alrededor del sitio del proyecto. Las etapas del proyecto que mayor interacción tendrán con el ambiente son: construcción en cuanto al número de acciones involucradas, operación y mantenimiento en cuanto al tiempo de permanencia del efecto.

Para el factor aire es posible que haya una influencia indirecta del complejo urbano-industria Gómez Palacio, Torreón y Lerdo, ya que los vientos dominantes provienen de esa zona hacia la C. T. Lerdo. Por otro lado, se pudo determinar que las emisiones a la atmósfera, a corto y mediano plazo, no rebasan las normas establecidas, por lo que la interacción con este factor se restringirá a la emisión de humos y se controlará mediante el aprovechamiento de la dispersión natural del viento; sin embargo, es recomendable mantener un sistema de monitoreo del aire, una vez iniciada la operación de la planta.

En relación al factor agua, se establece que tanto el agua superficial como subterránea presentan en general buena calidad aunque se detecta cierta tendencia a la salinización, arcenicismo y sobreexplotación de los mantos acuíferos, principalmente por uso agrícola y por influencia del arrastre terrígeno.

El uso del agua, sobre todo en la etapa de operación, se considera que el balance en el aprovechamiento del recurso se favorecerá debido a que se optimizarán los sistemas de enfriamiento con torres y plantas de tratamiento lateral al agua de enfriamiento, se dará tratamiento a las aguas residuales y se suspenderá la operación de las plantas Francke y La Laguna.

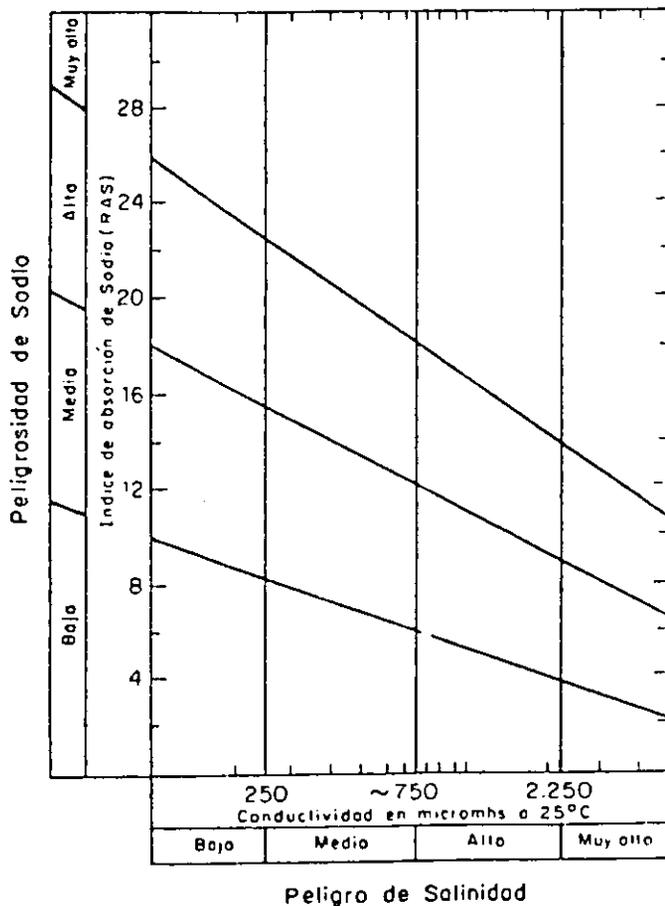


FIGURA 5.3.2 Diagrama de la Clasificación de las Aguas de Riego

Finalmente para el factor suelo, se establece que la calidad actual es aceptable ya que se encuentra libre de salinidad y el vapor de sodio intercambiable es muy bajo.

La relación entre uso de suelo y proyecto radicará fundamentalmente en el efecto que los desechos sólidos pudiesen tener en la calidad del suelo; sin embargo, dado que la CFE, instalará los equipos y sistemas para llevar a cabo un manejo y disposición adecuados para cumplir con la reglamentación ambiental, se considera que el efecto del proyecto en este factor ambiental será mínimo.

En síntesis, las interacciones del proyecto con su entorno ambiental se enfocarán principalmente hacia los efectos que éste provoque en el aire, agua y suelo, durante sus etapas de construcción y operación.

Conforme a los indicadores ambientales analizados, se concluye que los factores ambientales presentan buena calidad, dado que se mantienen dentro de las normas oficiales establecidas por SEDUE y otras dependencias oficiales.

5.4 Determinación de los Métodos para el análisis de impactos ambientales

En este punto se analizan los resultados obtenidos de la identificación, medición, interposición y comparación de los impactos ambientales potenciales de las diferentes etapas del proyecto y sus componentes según la descripción hecha en el punto 1, así como la ponderación efectuada en los indicadores de impacto ambiental descritos en el punto anterior. Paralelamente, se presenta la descripción de los métodos de análisis de impactos ambientales adecuados al tipo de proyecto propuesto y las consideraciones hechas para su aplicación.

Para el análisis de los impactos se consideran las normas técnicas y legales existentes, con respecto al ambiente y recursos naturales, expresados principalmente por los indicadores de impacto ambiental.

5.4.1 Identificación de Impactos Ambientales

Los impactos debidos a la C. T. Lerdo, se identificaron mediante la determinación de interacciones entre las acciones del proyecto y los factores ambientales, utilizando una matriz la cual se consideró como la técnica más adecuada para el nivel de información disponible.

Para la elaboración de dicha matriz se consideraron las diversas etapas del proyecto (localización y preparación sitio, construcción, operación y mantenimiento, proyectos futuros y asociados, abandono del proyecto, etc.) así como los factores ambientales involucrados (suelo, agua, aire, biota y socioeconómicos) calificando mediante una simbología subjetiva (el grado de significación del impacto correspondiente, así como su adversidad o beneficio ambiental) (Tabla 5.4.1)

TABLA 5.4.1 Sismología Subjetiva para Identificación de Impactos

	No existen efectos adversos
?	No se sabe si el impacto es significativo
a	Adverso no significativo
A	Adverso significativo
b	Benéfico no significativo
B	Benéfico significativo
A-a-a	(Se ha detectado medida de mitigación)

El carácter benéfico o adverso de un impacto se determina a partir de su influencia en el uso y la calidad de un factor ambiental, así como en el estímulo o depresión en el desarrollo de las actividades económicas y sociales de la región.

Por otro lado, el grado de significancia se determina en función de los mismos criterios citados, pero considerando que la influencia del impacto sea irreversible, no mitigable, o bien, que sea irreversible pero exista alguna medida de mitigación.

Los resultados obtenidos en este procedimiento de identificación se presentan en la Tabla 5.4.2.

5.4.2 Descripción de impactos

Con el objeto de entender el porqué de los impactos identificados en la Tabla 5.4.2, se procede a describir las acciones que los motivan, los efectos específicos en el factor ambiental correspondiente, así como la valoración asignada.

5.4.2.1 Etapa de Preparación del Sitio

Pruebas de terreno (excavaciones). Se excavan pozos de 1.5 x 2 x 5 m para analizar la estructura y roca madre de los suelos, con objeto de conocer lo adecuado del terreno para cimentaciones. Por lo pequeño del área afectada y el tipo de vegetación desértica, los efectos producidos no son significativos y más aún por que al finalizar las observaciones los pozos son rellenados.

Pruebas Geohidrológicas. Se perforan pozos de 30 cm de diámetro y se hace una limpieza previa del terreno en una superficie de 10 x 10 m. El carácter de las afectaciones es similar al descrito al punto anterior.

Limpieza del Sitio. Se desmonta el sitio con equipo motorizado. Debido a que se trata de una zona de cultivo, no se afecta a la flora natural; al quemar el material vegetal desmontado se causa humo que resulta nocivo, afectando la visibilidad y estética. Pero debido a que esta situación tiene duración de horas, las afectaciones son temporales y no significativas.

Nivelación del Terreno. Esta nivelación se hace para dar al terreno diferentes alturas de acuerdo al arreglo de la planta dentro del predio y las obras de ingeniería civil para construir las cimentaciones necesarias. Dada la naturaleza plana del terreno la nivelación es somera, por lo que las modificaciones al relieve y topografía son mínimas. Además, los volúmenes de material (excavación, relleno y/o terraplenes) sacados de un área son colocados en otra área dentro del mismo predio, por lo que no resultan residuos significativos. Debido a la situación seca del suelo, durante la nivelación del terreno se podrían causar tolvaneras, sin embargo, puesto que esta operación tiene una duración de días, los efectos que podría recibir la población de Villa Juárez por su cercanía serían de poca duración.

Operación de Equipo y Maquinaria. Se requerirán excavadoras, aplanadoras, camiones y otros equipos para nivelar el terreno y transportar el material removido. Este equipo producirá ruidos (+85 db) y emisiones atmosféricas; sin embargo, debido a la baja magnitud de éstas y a la poca duración de esta acción, los efectos no serán significativos y las poblaciones no resentirán por su lejanía respecto al sitio. Recomendándose realizar ésta operación en periodos de viento fuerte.

Manejo y Disposición de Desechos. Se generan desechos humanos del personal, materiales del suelo por la nivelación y materiales de la operación y mantenimiento del equipo y maquinaria. Los desechos humanos como excretas no causaran afectaciones dado que se instalan fosas sépticas para su disposición; los desechos de nivelación, y del equipo y maquinaria, podrían causar algunos efectos en la calidad del suelo, estética del paisaje o algún otro elemento ambiental del sitio donde se dispongan.

TABLA 5.4.2 Matriz de Impactos

		FACTORES AMBIENTALES															
		SUELO		AGUA		AIRE		BIOTA		SOCIOECONOMICO							
	No existen efectos adversos																
?	No se sabe si el efecto es significativo																
a	Efecto adverso no significativo																
B	Efecto benéfico significativo																
A	Efecto adverso con mitigación detectada	USO	EROSION	CALIDAD	DRENAJE	CALIDA	USO	CALIDAD	VEGETACION	FAUNA	HABITATS	PAISAJE	ECONOMIA REGIONAL	NIVEL DE VIDA	SALUD	VIAS DE COMUNICACION	
ACTIVIDADES PREVISTAS DEL PROYECTO	PREPARACION DEL SITIO																
	Pruebas del Terreno	a									a	a					
	Pruebas Geohidrológicas	a									a						
	Limpieza del Sitio	a						a	a	a	a	a					
	Nivelación del Terreno							a	a				a				
	Operación de Equipo y Maquinaria							a	a				a				
	Manejo y Disposición de Desechos	a	a							a	a	a	a				
CONSTRUCCION	Emplazamiento de Edificios				a								a				
	Operación de Equipo y Maquinaria							a	a								
	Explotación de Bancos		a	a				a	a			a		b	b	a	
	Ecesos a la Planta	a						a			a					a	
	Lineas de Transmisión	a								?	?	?	a	b			
	Contratación de Mano de Obra													B	B		
	Manejo y Disposición de Desechos	A	A		A	A			a	a	a	A				A	
	Transporte de Materiales y Equipo								a							?	a
	Capacitación y Adiestramiento													B	B		
OPERACION Y MANTENIMIENTO	Emisiones Atmosféricas							A	A			a					
	Desechos Líquidos					A	A										
	Aprovechamiento de Agua					A	A										
	Generación de Energía	a				a	a				a		B	B			
	Manejo y disposición de Desechos sólidos	a		A		A	A			a	a	a	?			A	

Sin embargo, por el pequeño volumen de desechos a manejar en esta etapa y al establecerse equipo de recolección, áreas para almacenamiento, equipo de transporte, incineración controlada y disposición final en relleno sanitario o en tiradero municipal, se considera que el efecto no será significativo.

5.4.2.2 Etapa de Construcción

Emplazamiento de Edificios. La instalación de la planta como un todo, con sus edificios, equipos, sistemas, etc., implica los siguientes efectos adversos no significativos: Por el sitio de la planta cruza una corriente intermitente de agua cuyo escurrimiento durante época de lluvias será desviado. Será un nuevo y raro elemento dentro del paisaje de la zona, pero sin importancia debido a que la vocación del suelo no es turística o recreativa.

Operación de Equipos y Maquinaria. Esta operación producirá ruidos y emisiones atmosféricas durante un periodo de 5 años en el que dura la etapa de construcción, sin embargo, los impactos adversos que se puedan causar no serán significativos, no existen asentamientos humanos a una distancia tal que sean alcanzados por el ruido y emisiones.

Explotación de Bancos

- a) **Calidad del Suelo.** La explotación de bancos de materia prácticamente elimina el suelo en los sitios donde se desarrolla la extracción. Modifica las características físicas (textura, pedregosidad, etc.), del suelo en las vecindades del banco, por la incorporación del material remanente, que por sus características no es aprovechable. Sin embargo, la extensión afectada es pequeña.
- b) **Uso del Suelo.** Este queda definido como de aprovechamiento de materiales, una vez que se obtienen los permisos legales correspondientes, con los programas de rehabilitación respectivos, para cuando termine la vida útil del banco de préstamo.
- c) **Erosión.** Dada la diversidad de las características físicas de los bancos de préstamo, su explotación podría facilitar la acción de agentes erosivos, sin embargo, este impacto no será de gran magnitud ya que además de limitar la extensión de la explotación, se usaran técnicas que no estimulen la acción de los agentes erosivos (p. ej. Cortes con pendientes suaves).
- d) **Calidad de Aire.** Las emisiones que se producen por la actividad de extracción de materiales para construcción, son de las llamadas de área o superficie y pudieran ser de cierta consideración dentro de la zona de explotación, donde se identifica más como un problema de higiene y seguridad en el trabajo, su extensión fuera del área del banco es pequeña.
- e) **Efecto en la Biotá.** La extracción de materiales destruye hábitats de especies silvestres, sin embargo las extensiones afectadas no son importantes, además de que en la zona no existen especies que pudieran ser consideradas como relevantes /en peligro de extinción, endémicas, etc.).
- f) **Efectos Socioeconómicos.** Debido a la generación de empleos se tendría un efecto positivo en la economía regional y nivel de vida, aunque se considera como no significativo ya que serían pocos empleos y de manera temporal.
- g) **Efecto en las Vías de Comunicación.** El transporte de materiales de los bancos al sitio de la central, afectaría los caminos. A este respecto CFE realizará el mantenimiento y reparaciones necesarios en las vías que resulten afectadas.

Accesos a la Planta. Se construirá un tramo de camino revestido para comunicar a la planta con la carretera Villa Juárez y una espuela de ferrocarril para permitir el abastecimiento de combustible a la misma, derivándose ésta del ramal férreo que comunica a Durango con Torreón. Las afectaciones por estas acciones, sobretodo en el acceso de la planta, no serán significativas debido a la poca longitud de obras que se requieren por la proximidad de la carretera y vía férrea con la planta lo que implica poca superficie de suelo afectado en su uso. Respecto a la escuela, se podría crear un problema de circulación en la carretera debido a que ésta será cruzada por la espuela; la importancia y magnitud de este efecto dependerá de la frecuencia del abastecimiento de combustible y de las características de las maniobras que se requieran durante esta operación.

Instalación de Líneas de Transmisión. Para esta acción se desmontarán pequeñas áreas de $2 \times 2 \text{ m}^2$ para construir la cimentación de las torres; se hará el tendido de las líneas, en lo que podría entorpecer temporalmente las actividades agrícolas en áreas restringidas. Los efectos por esta acción serán residuales en los que se refiere a la inutilización del suelo en donde se instalan las torres; sin embargo, será de baja magnitud e importancia dada la poca superficie involucrada y, además, por que las afectaciones a los dueños del terreno son minimizadas mediante indemnizaciones.

Contratación de Mano de Obra. Esta acción obviamente representa efectos benéficos para la región dado que permitirá, aunque temporalmente durante la construcción, disminuir el nivel de desempleo, elevar el nivel de vida y a largo plazo su significación será mayor debido a que los trabajadores quedarán capacitados en diferentes técnicas de trabajo, lo que redundará en mejor calidad y eficiencia de futuras obras en la región. Contrariamente es común que la contratación de personal para este tipo de grandes obras cause efectos nocivos de inflación en las poblaciones aledañas, sin embargo, es factible que ésta no sea drástica debido a que con la proximidad de las ciudades de Lerdo, Torreón y G. Palacio, no habrá necesidad de instalar campamentos lo que impedirá centralizar en una sola población la inflación comercial y la demanda de servicios.

Manejo y Disposición de Desechos.

1) Almacenamiento

a) Etapa de construcción

Oficinas En el área administrativa se emplearán cestos de lámina o madera con una capacidad aproximada de 0.025 m^3 , en número suficiente para satisfacer el servicio. Diariamente los residuos depositados en los cestos se acumularán en recipientes sanitarios de 0.20 m^3 de capacidad, colocados en sitios definidos, exteriores al área administrativa.

Comedor Se colocarán recipientes sanitarios de 0.10 m^3 para almacenar los residuos inorgánicos o de lenta degradabilidad y de 0.20 m^3 para los residuos orgánicos generados. El número de recipientes sanitarios están en función del número de empleados que haga servicio del comedor.

Área de Construcción En esta zona se colocaron recipientes sanitarios duales de 0.20 m^3 cada uno, identificados con diferente color y señalados, para residuos orgánicos e inorgánicos. El número de recipientes sanitarios a colocar estará en función del número de empleados y de la etapa de construcción que se esté llevando a cabo.

Áreas Diversas En clínicas médicas se colocarán recipientes sanitarios, en el interior, y recipientes sanitarios cerrados de 0.20 m^3 en el exterior; en las casetas de vigilancia se colocarán de 0.10 m^3 de capacidad; en los almacenes y bodegas se emplearán recipientes duales de 0.20 m^3 cada uno para disponer los dos tipos de basura identificados. Todos los recipientes a emplear contarán con asas o agarraderas para facilitar su manejo.

b) Etapa de Operación

Oficinas En las oficinas se colocarán cestos de 0.025 m^3 para depositar los residuos generados. Diariamente se recolectarán y se dispondrán en recipientes de 0.20 m^3 situados en la parte posterior del edificio.

Cafetería y Comedor En esta área, los residuos se depositarán en recipientes sanitarios de 0.101 m^3 para disponer residuos inorgánicos y de 0.20 m^3 para residuos orgánicos.

Área Operativa Se colocarán recipientes sanitarios de 0.20 m^3 de capacidad en sitios previamente seleccionados. El número de recipientes estará en función del número de empleados.

Áreas Diversas En clínicas médicas se colocarán cestos cerrados, en el interior, y tambos de 0.20 m^3 con tapa, en el exterior; en las casetas de vigilancia se colocarán recipientes sanitarios de 0.10 m^3 , y en los almacenes y bodegas se emplearán recipientes sanitarios duales de 0.20 m^3 para basuras orgánicas e inorgánicas.

2) Recolección de residuos sólidos

Tanto en la etapa de construcción como de operación, la recolección se llevará a cabo diariamente en las diversas áreas de la C. T., dando mayor interés a la recolección de residuos orgánicos, para evitar la proliferación de insectos y roedores y la de malos olores. Para ello se emplearán camiones de volteo de 6 a 10 m^3 de capacidad. La ruta y la frecuencia de recolección se determinarán en

función del tipo de desecho, generación de los mismos y sitio de disposición. Se estima una generación de aprox. 1.5 tons/día durante la construcción y 1.2 tons/día en la fase de operación.

3) Disposición de Residuos Sólidos

Incineradores Se emplearán para la disposición de aceites, grasas y todo aquel material que pueda provocar daños al suelo y al agua, directa e indirectamente. Los residuos a incinerar serán aprox el 15% de lo generado. Los incineradores a emplear serán de doble cámara con sistema para control de emisiones a la atmósfera, debiendo cumplir con la especificación de CFE correspondiente. (Figura 5.4.1)

Relleño Sanitario Los materiales inorgánicos desechados se dispondrán en rellenos sanitarios situados dentro de la planta. El relleno será tipo "área". Los residuos a disponer serán aprox. el 40% de la generación.

Tiradero Municipal Previo convenio con las autoridades municipales los residuos sólidos orgánicos les serán entregados para su disposición final. La cantidad de residuos a disponer, por este método, será aprox. del 45% de la generación.

Transporte de Materiales y Equipo. Grandes cantidades de materiales y equipos serán transportados desde los lugares de suministro hacia el sitio del proyecto, principalmente en la construcción. Esta acción causará un incremento significativo en el tránsito de las carreteras afectando la comunicación normal entre las diferentes poblaciones pequeñas y las grandes ciudades. Se causaran daños físicos a las carreteras sobre todo durante la transportación del equipo pesado que se utilizara para construir a la planta; se causará, además, contaminación por ruido de los vehículos que afectarán a los asentamientos humanos próximos a la carretera. Estas afectaciones serán temporales mientras dure la construcción y en cuento a los daños físicos de las carreteras, es práctica común que la CFE haga las reparaciones necesarias.

Capacitación y Adiestramiento. Para llevar a cabo la construcción de la planta se impartirán, a los trabajadores que se contraten, cursos de capacitación y adiestramiento en técnicas de soldadura, electricidad, manejo de almacenes, seguridad industrial, ortografía y redacción. Dado que se contratará aprox. a 4000 personas para la construcción, significa un impacto benéfico por que ayudará a elevar el nivel de instrucción técnica; así mismo, una vez capacitado el trabajador podrá elevar sus ingresos y en consecuencia su nivel de vida.

5.4.2.3 Etapa de Operación y Mantenimiento

Emisiones Atmosféricas. Durante la operación del proyecto se producirán emisiones de contaminantes atmosféricos como resultado de la combustión del combustible. Esta acción que podría causar efectos adversos significativos al aire, la biota y la salud, será minimizada y mitigada mediante la construcción de una chimenea de 70m de altura, la que aprovechando los mecanismos naturales de difusión y dispersión atmosférica, garantiza que la concentración de contaminantes a nivel de piso (SO₂, NO y partículas) no exceda los valores establecidos por la reglamentación oficial.¹¹ Esto quiere decir que ampliando las medidas de mitigación adecuadas, el impacto adverso más importante se debería a la emisión de humos, afectando el aspecto del paisaje a nivel local y resultando no significativo dada la vocación agrícola e industrial de la región.

Desechos Líquidos. Durante la operación de la planta se tendrán diferentes afluentes de desechos líquidos como: aguas de sanitarios, purgas de la torre de enfriamiento, aguas de servicio, lavado de precalentadores, etc. Dada la problemática regional por el uso y calidad del agua, los desechos líquidos de la planta le significan un impacto adverso significativo; sin embargo, cada uno de estos afluentes recibirá el tratamiento y manejo adecuados, previo a su disposición final en la laguna de evaporación con lo que se evitarán dichos impactos.

¹¹En el anexo 2 se presentan los estudios de difusión y dispersión atmosférica correspondientes.

Aprovechamiento de Agua. Durante los 30 años de vida útil del proyecto se explotará el acuífero subterráneo para abastecer los requerimientos de agua de la planta. Los impactos de esta acción sobre los usos de agua agrícola, pecuaria, doméstico e industrial, pueden ser significativos por el largo periodo de explotación del recurso hídrico y por la escasez natural de la zona; sin embargo, esta situación ha sido minimizada desde el proceso de selección del sitio y mitigada mediante la optimización del sistema de enfriamiento, utilizando torres de enfriamiento, con tratamiento lateral de las purgas para re-uso, tratamiento de aguas residuales municipales de Lerdo y Gómez Palacio, además de efectuar una reducción afectiva en el consumo de agua que por parte de CFE se hace en la región, al suspender la operación de las centrales Francke y La Laguna.

Generación de Energía. Durante la operación de la planta se estará generando 320 MW de energía eléctrica trabajando las dos unidades a su capacidad máxima. Esta acción, objetivo principal del proyecto, significa un efecto benéfico a nivel regional y nacional dado que la planta estará conectada al Sistema Eléctrico Nacional. A nivel regional coadyuvará al desarrollo de las actividades agrícolas de la zona de la Laguna; industrial y urbana de las ciudades de Torreón, G. Palacio y Lerdo y demás poblaciones de la región.

Manejo y Disposición de Desechos Sólidos. Se generarán varios tipos de desechos sólidos tales como: escamocha, materiales metálicos pequeños, basura de oficinas, recipientes de lámina y poliuretano, estopas, etc. De no hacer un adecuado manejo y disposición final de estos desechos se podría causar efectos adversos a determinados elementos del ambiente como son: contaminación y uso del suelo, aspecto estético y calidad de agua; sin embargo, dado que se implementarán medidas de mitigación para este caso, no se espera causar ningún impacto significativo.

5.4.3 Evaluación del Impacto Ambiental

Conforme a la identificación de impactos efectuada en el punto 4.1 (Tabla 5.4.2) se desarrolla el procedimiento de evaluación final de impacto ambiental debido a la implantación del proyecto Termoeléctrico Lerdo.

La Tabla 5.4.3 presenta las consideraciones para evaluación de los impactos del proyecto durante sus diversas etapas, mientras que en la Tabla 5.4.4 se presenta la evaluación de los impactos para cada factor ambiental.

En términos generales se concluye que la etapa de construcción de la C. T. Lerdo es la que implica mayor interacción con el ambiente, dado que presenta el mayor número de eventos (144) y básicamente el mayor número de impactos adversos (27); sin embargo, se debe resaltar que de éstos, 21 son no significativos de corto plazo y 3 cuentan con medidas de mitigación; para los 6 restantes, aunque se consideran significativos, existen medidas técnicas de mitigación lo que hace que su efecto se minimice. (Tabla 5.4.3)

En cuanto a la etapa de operación de la planta se generan 19 impactos adversos de los que 11 serían significativos a mediano y largo plazo, pero contarían también con medida de mitigación; por tanto, dado que la implantación del proyecto se lleva a cabo bajo estrictas normas de protección ambiental, ya que cada etapa de desarrollo se diseña para este fin, se considera que el proyecto será benéfico a la región en un 77% de sus interacciones.

Respecto al impacto específico sobre los factores ambientales (Tabla 5.4.4) se observa que el factor socioeconómico será significativamente impactado en sentido positivo (85 de 100 eventos) mientras que el factor agua resentirá la mayoría de los impactos adversos significativos (8); sin embargo, dada la existencia de medidas de mitigación aplicadas tanto para la etapa de construcción, pero sobre todo para la de operación, el efecto se minimizará resultando el balance final benéfico a la región.

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

TABLA 5.4.3 Evaluación de Impactos por Etapa del Proyecto

ETAPA		a	a	A	A	B	B	?	Total de eventos	Balance			
Preparación de sitio	74	10	11	0	0	0	0	1	96	74	(+)	21	(-)
Construcción	106	18	3	0	6	3	4	4	144	113	(+)	27	(-)
Operación y mantenimiento	58	8	0	0	11	0	2	1	80	60	(+)	19	(-)
Total de Impactos	238	36	14	0	17	3	6	6	320	247	(+)	67	(-)
& = 319		(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)					
% de impacto	74.4	11.3	4.4	0.0	5.3	0.9	1.9	1.9	100.0	77		21	

TABLA 5.4.4 Evaluación de Impactos por Factor Ambiental

FACTOR AMBIENTAL		a	a	A	A	b	B	?	Total de eventos	Balance			
Agua	46	5	4	0	4	0	0	0	59	46	(+)	13	(-)
Suelo	50	2	0	0	8	0	0	0	60	50	(+)	10	(-)
Aire	26	12	0	0	2	0	0	0	40	26	(+)	14	(-)
Biota	40	11	6	0	0	0	0	3	60	40	(+)	17	(-)
Socio-económico	76	6	4	0	3	3	6	2	100	85	(+)	13	(-)
Total de Impactos	238	36	14	0	17	3	6	5	319	247	(+)	67	(-)
& = 319		(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)					
% de impacto	74.6	11.3	4.4	0.0	5.3	0.9	1.9	1.6	100.0	77		21	

5.5 Medidas de Mitigación para los Impactos Adversos

5.5.1 Conclusiones Generales

Se detectan 16 impactos adversos significativos los cuales requerirán medidas de mitigación a mediano y largo plazo (Tabla 5.4.2).

Las acciones del proyecto que generarán dichos impactos son:

1. Quema de combustible para generación de vapor (Emisiones Atmosféricas).
2. Uso de agua (Agua para enfriamiento y otros usos)
3. Desechos líquidos (Drenajes: ácidos, alcalinos, aceitosos y sanitarios)
4. Manejo y disposición de desechos (Sólidos)

Para los impactos adversos no significativos se considera que dado su carácter reversible a corto plazo (días) no se requerirán medidas de mitigación permanentes aunque si temporales en ciertos casos, sobre todo durante la etapa de preparación del sitio y construcción; por ejemplo: manejo y disposición de desechos, explotación de bancos de material, accesos a la planta y transporte de material y equipo.

Con base en el análisis efectuado en los puntos precedentes y dado que la implantación del proyecto durante sus diversas etapas se lleva a cabo bajo estrictas normas de protección ambiental, se concluye que su efecto a nivel regional y nacional será favorable.

5.5.2 Factor Aire

Para los impactos significativos sobre la calidad del aire se concluye que la instalación de una chimenea de 70m de altura será adecuada para mitigar los efectos atmosféricos, aprovechando los mecanismos naturales de difusión y dispersión, por lo que no se excederán las concentraciones contaminantes a nivel de suelo establecidas por la reglamentación oficial (298.3 ug/m^3 de SO_2).

Los resultados obtenidos mediante simulación matemática, aplicando dos programas diferentes, corroboran el orden de magnitud de las concentraciones de SO_2 esperadas a nivel de suelo y confirman que la altura de la chimenea propuesta mitigará adecuadamente el efecto por emisiones atmosféricas (ver anexo 2).

5.5.3 Factor Agua

Respecto a los impactos por uso de agua, adicionalmente a la medida de mitigación que significa el haber seleccionado como sitio para el proyecto al ejido de Villa Juárez, se contemplan además las siguientes medidas:

Instalación de un sistema de tratamiento lateral al agua de enfriamiento para su re-uso que economizará

1. el consumo de agua para este fin.
2. Se cancelará la explotación de agua subterránea que se está haciendo para abastecer a la planta Francke y La Laguna (351 l/s) lo que significará un ahorro de agua y una mayor disponibilidad del recurso para satisfacer demandas de origen agropecuario, domestico e industrial.
3. Se construirá una planta de tratamiento para las aguas residuales municipales de la zona de Gómez Palacio y Lerdo, como medida compensatoria de CFE, cuyas aguas tratadas se utilizarán para riego agrícola.

Con estas medidas, el uso del recurso por parte de CFE quedará mitigado y además, el aprovechamiento regional del acuífero será más racional.

En lo que toca a las disposición de las aguas residuales, dada las particulares características de los diferente afluentes que se producirán, se describen a continuación las diversas medidas que se tomarán para mitigar sus posibles efectos:

Drenajes ácidos o alcalinos

Los drenajes de carácter alcalino provenientes de la planta de tratamiento de agua de repuesto al ciclo y pulidores de condensado, agua de enfriamiento, y lavado de precalentadores; se recolectarán y enviarán a una fosa de neutralización en donde se ajustará el pH entre 5 y 9, adicionando álcalis o ácidos, reciclando con la misma bomba que manejará los afluentes una vez neutralizados. Los drenajes ácidos provenientes de la planta desmineralizadora y pulidores de condensado se enviarán a la torre de enfriamiento, ahorrando así ácido y agua de repuesto.

La capacidad de retención de la fosa de neutralización será de 1,200 m³, que se construirá con concreto y será recubierta con ladrillo y cemento antiácidos. Los materiales de la bomba serán resistentes al carácter agresivo de los afluentes que manejará. El sistema contará con dispositivos de medición de pH y controles que permitan su manejo semiautomático.

Drenajes aceitosos

Todos los drenajes de los tanques de almacenamiento de combustibles, tanques de día y de los equipos y sistemas que manejen grasas y aceites, se recolectarán y enviarán a fosas separadoras.

Estas se diseñarán para cumplir con el artículo 13 del reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, que establece como valor máximo de descarga de grasas y aceites 70 mg/l, o bien, se ajustarán a las condiciones particulares de descarga que establezca la SEMARNAP.

Para fines de diseño se considerará que el diámetro de los glóbulos de aceites es de 0.015 cm.

La fosa separadora se diseñará dentro de los siguientes límites:

- a) Velocidad horizontal (V_H), máxima = 0.915 m/min. ó 15 vt. Donde velocidad de ascenso de los glóbulos de aceite, o cualquiera que sea más pequeña.
- b) Profundidad (d) = 0.915m mínimo a 2.440m máximo.
- c) Relación profundidad - anchura (d)/(B) = 0.3 mínimo a 0.5 máximo.
- d) Anchura (B) = 1.830m mínimo a 6.100m máximo.

Drenajes sanitarios

Las aguas de sanitarios serán recolectadas mediante una red de drenaje que las conducirá a unidades sanitarias integradas por fosa séptica, campo de oxidación y pozo de absorción, que se construirán dentro del predio de la planta, por lo que no tendrán efectos secundarios en cuerpos receptores superficiales.

Dada la importancia regional de las aguas superficiales y subterráneas (rio Nazas y acuífero Villa Juárez) y debido al bajo flujo que se espera obtener en los diferentes afluentes, sobre todo por el re-uso de agua mediante aplicación de tratamiento lateral a las purgas de las torres, la disposición final de los afluentes tratados, se hará a una laguna de evaporación revestida con lo que se evitará, cualquier posibilidad de contaminación de tales aguas superficiales y subterráneas.

En la Tabla 5.5.1 se muestra las condiciones particulares de descarga establecidas por SEDUE, para la disposición final de los afluentes tratados de la C. T. Lerdo.

5.5.4 Factor Suelo

Para mitigar los efectos que la disposición de desechos sólidos puede causar a la calidad y uso del suelo e indirectamente a la calidad del agua y aire, se localizará un sitio adecuado en el predio de la C. T. Lerdo donde disponer ciertos desechos mediante un relleno sanitario. Asimismo se instalarán estratégicamente, recipientes sanitarios de tipo dual para separación de desechos orgánicos e inorgánicos, los cuales se recolectarán mediante vehículos adecuados que efectuarán su transporte al Tiradero municipal de Villa Juárez.

TABLA 5.5.1 Condiciones Particulares de Descarga para Afluentes de la C. T. Lerdo

PARÁMETRO	El promedio mensual de ocho muestras tomadas en diferentes días no excederá de	Ninguna muestra individual excederá de	Carga máxima kg/día
Demanda bioquímica de oxígeno al 5° día y a 20° C (DBO ₅)	60 mg/l	70 mg/l	1,306.37
Sólidos suspendidos totales	60 mg/l	70 mg/l	1,306.37
Grasas y aceites	10 mg/l	15 mg/l	217.73
Sólidos sedimentables		1 ml/l	
Temperatura		35°C	
Potencial hidrógeno (pH)		6 ≤ pH ≤ 9 unidades	
Conductividad		2,000 micromhoms/cm	
Relación de absorción de sodio RAS		6.0	
Coniformes totales	10,000 NMP/100 ml	NMP/ml	
Materia flotante		Ninguna que puede ser retenida por malla de .3 mm de claro libre cuadrado	

5.6 Estudio Tradicional de Evaluación de Proyectos de Inversión

La ejecución de proyectos de energía eléctrica tienen como propósito generar la infraestructura física para la provisión del servicio que dará sustento a todos los factores productivos que se requieren para el desarrollo de las actividades económicas.

Debido a la importancia de la energía eléctrica, es considerada como un servicio que otorgan exclusivamente las autoridades federales.

El proyecto de la termoeléctrica Lerdo U1 y U2 debe cumplir con el objetivo de mejorar la calidad de dicho servicio y aumentar sus suministros.

En la metodología del Capítulo (II) se expone el procedimiento para evaluar los proyectos de inversión, pero hay que destacar que el desarrollo metodológico es un proceso dinámico y de casos, por lo que este proceso queda determinado por las circunstancias y otros factores difíciles de predecir.

Su análisis fue complicado principalmente por los problemas que se presentaron para la obtención de datos reales y por el desfase del proyecto.

El proyecto comprende desde la captación de la energía hasta su distribución, así como la búsqueda de nuevas y eficientes formas para mejorar la calidad del servicio existente, considerando la posibilidad de renovarlo en su totalidad.

Al conocer la magnitud en que influye un estudio financiero - matemático en la toma de decisiones y en el manejo de millones de pesos y de seres vivos, resulta cierto creer que esta evaluación es importante para la elaboración de las conclusiones de este trabajo.

Teóricamente, para estimar la demanda de luz eléctrica deben realizarse estudios de demanda muy costosos y complejos. Pero, para objeto de este trabajo, en la estimación de la demanda de luz eléctrica se tomó como base el incremento de la tasa de crecimiento de la población ya que existe un vínculo directo entre ambas, la población actual y su serie histórica. Son los datos que servirán como base para estimar la tasa media anual de crecimiento de la población en la zona de estudio.

Para estimar la tasa media anual de crecimiento de la población, suponiendo un crecimiento constante, el promedio de este se calculó por la siguiente fórmula:

$$TMA = \left(\frac{PF - PI}{PF + PI} \right) \left(\frac{2}{n} \right) * 100$$

En donde

TMA= Tasa media anual

PF= Población final

PI = Población inicial

N = Número de periodos (años)

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

TABLA 5.6.1 Proyecciones de la Cantidad Demandada de Luz Eléctrica

Población Inicial (PI)=	2187779	n=10
Población Final (PF)=	2656286	
Factor de Crecimiento (f)=	$(TMA/100)+1$	1.0387
Tasa Media Anual de Crecimiento (TMA)=	$(PF-PI/PF+PI)*(2/N)*100$	3.8887

Período	AÑO	Factor de Proyección (f) ⁿ =F	Población Proyectada (F*PF)	Cantidad Demandada Luz Eléctrica MG
6	1991	1.51842	4,033,358	1,635,751
7	1992	1.57718	4,189,444	1,699,052
8	1993	1.63822	4,351,576	1,764,806
9	1994	1.70162	4,519,982	1,833,104
10	1995	1.76747	4,694,905	1,904,045
11	1996	1.83587	4,876,598	1,977,731
12	1997	1.90692	5,065,322	2,054,270
13	1998	1.98072	5,261,350	2,133,770
14	1999	2.05737	5,464,964	2,216,347
15	2000	2.13699	5,676,458	2,302,119
16	2001	2.21969	5,896,137	2,391,211
17	2002	2.30559	6,124,318	2,483,751
18	2003	2.39482	6,361,329	2,579,872
19	2004	2.48750	6,607,512	2,679,713
20	2005	2.58377	6,863,223	2,783,418
21	2006	2.68376	7,128,830	2,891,137
22	2007	2.78762	7,404,716	3,003,024
23	2008	2.89550	7,691,278	3,119,241
24	2009	3.00756	7,988,931	3,239,955
25	2010	3.12395	8,298,102	3,365,341
26	2011	3.24485	8,619,239	3,495,580
27	2012	3.37042	8,952,803	3,630,859
28	2013	3.50086	9,299,277	3,771,373
29	2014	3.63634	9,659,159	3,917,325
30	2015	3.77707	10,032,968	4,068,926

TABLA 5.6.2 Programa de Inversiones del Proyecto

CONCEPTOS	AÑOS DE INVERSIÓN					
	0(1985)	1(1986)	2(1987)	3(1988)	4(1989)	5(1990)
Terrenos	36,667	0	0	0	0	0
Construcciones	268,889	207,310	0	0	0	0
Maquinaria y Equipo	84,167	201,014	0	0	0	0
Maquinaria y Equipo	66,574	158,997	0	0	0	0
Salarios y Prestaciones	13,774	118,289	185,882	348,057	887,797	443,898
Impuestos	15,074	26,509	0	0	0	0
Intereses	8,526	8,526	8,526	8,526	8,526	8,526
Capital de Trabajo	0	31,388	31,388	31,388	31,388	31,388
TOTAL INVERSIONES	82,278	125,339	37,633	64,662	154,619	80,635

TABLA 5.6.3 Programa de Ingresos Según Proyecciones

Periodos	Consumo de Luz Eléctrica	Tarifa por kw	Ingresos por Facturación
6	1,635,751	0.1791	292,963
7	1,764,806	0.1791	316,077
8	1,833,104	0.1791	328,309
9	1,904,045	0.1791	341,014
10	1,977,731	0.1791	354,212
11	2,054,270	0.1791	367,920
12	2,133,770	0.1791	382,158
13	2,216,347	0.1791	396,948
14	2,302,119	0.1791	412,310
15	2,391,211	0.1791	428,266
16	2,483,751	0.1791	444,840
17	2,579,872	0.1791	462,055
18	2,679,713	0.1791	479,937
19	2,783,418	0.1791	498,510
20	2,891,137	0.1791	517,803
21	3,003,024	0.1791	537,842
22	3,119,241	0.1791	558,656
23	3,239,955	0.1791	580,276
24	3,365,341	0.1791	602,733
25	3,495,580	0.1791	626,058
26	3,630,859	0.1791	650,287
27	3,771,373	0.1791	675,453
28	3,917,325	0.1791	701,593
29-30	4,068,926	0.1791	728,745

TABLA 5.6.4 Programa de Operación

Costos de Operación Miles de Nuevos Pesos

Periodos	Servicios Personales	Energéticos	Mantenimiento o servicios Grales.	Materiales de Mantenimiento y Consumo	Impuestos y Derechos	Depreciación	Instituto of. Nacionales	Aprovechamiento y Costo Financiero	TOTAL
6.	14,341	73,248	2,798	3,876	8,208	15,144	1,178	26,287	145,079
7.	14,407	73,589	2,811	3,894	8,246	15,144	1,184	26,409	145,684
8.	14,475	73,933	2,824	3,912	8,285	15,144	1,189	26,532	146,295
9.	14,543	74,284	2,838	3,931	8,324	15,144	1,195	26,658	146,917
10.	14,614	74,646	2,852	3,950	8,364	15,144	1,201	26,788	139,987
11.	14,687	75,018	2,866	3,970	8,406	15,144	1,207	26,922	148,220
12.	14,767	75,426	2,881	3,991	8,452	15,144	1,213	27,068	148,944
13.	14,852	75,862	2,898	4,014	8,501	15,144	1,220	27,224	149,716
14.	14,943	76,328	2,916	4,039	8,553	15,144	1,228	27,391	150,539
15.	15,039	76,817	2,935	4,065	8,608	15,144	1,236	27,567	151,410
16.	15,142	77,344	2,955	4,093	8,667	15,144	1,244	27,756	152,345
17.	15,249	77,886	2,975	4,122	8,728	15,144	1,253	27,951	153,308
18.	15,362	78,463	2,997	4,152	8,792	15,144	1,262	28,158	154,442
19.	15,481	79,072	3,021	4,184	8,860	15,144	1,272	28,377	155,412
20.	15,604	79,700	3,045	4,218	8,931	15,144	1,282	28,602	156,524
21.	15,732	80,353	3,070	4,252	9,004	15,144	1,292	28,836	157,683
22.	15,868	81,051	3,096	4,289	9,082	15,144	1,304	29,087	158,920
23.	16,012	81,788	3,124	4,328	9,165	15,144	1,315	29,351	160,226
24.	16,165	82,567	3,154	4,369	9,252	15,144	1,328	29,631	161,610
25.	16,322	83,371	3,185	4,412	9,342	15,144	1,341	29,919	163,037
26.	16,485	84,203	3,217	4,456	9,435	15,144	1,354	30,218	164,513
27.	16,655	85,071	3,250	4,502	9,533	15,144	1,368	30,530	166,053
28.	16,828	85,955	3,284	4,549	9,632	15,144	1,383	30,847	167,621
29-30	17,007	86,868	3,319	4,597	9,734	15,144	1,397	31,174	169,240

TABLA 5.6.5 Beneficios Netos Privados del Proyecto

Periodos	Flujo Neto de Efectivo
6	147,884
7	170,393
8	182,014
9	194,098
10	214,225
11	219,700
12	233,215
13	247,232
14	261,770
15	276,856
16	292,495
17	308,747
18	325,495
19	343,099
20	361,279
21	380,158
22	399,736
23	420,050
24	441,123
25	463,022
26	485,774
27	509,400
28	533,972
29-30	559,505

Con la tasa de crecimiento se realizaron las proyecciones utilizando el procedimiento siguiente:

$$f = \frac{TMA}{100} + 1, \quad F = (f)^n, \quad pf = F * PF$$

En donde

f = Factor de crecimiento

F = Factor de proyección

Pf = Población futura

Siguiendo con el procedimiento para todos los años que integran el horizonte de planeación del proyecto, las proyecciones de la cantidad demandada de luz eléctrica resultan como se muestra en la Tabla 6.1.

Una vez realizados los estudios de mercado se obtuvo una demanda de luz eléctrica por usuario de 6.666667 kw que anualmente resultó ser de 2433.3333kw.

Así, en la evaluación financiera, se tuvieron en consideración los ingresos proyectados por el cobro de derechos del servicio de su instalación y las aportaciones u otros ingresos que se pueden generar (beneficios privados) y todos los costos que implica el servicio tales como, inversión, costos de operación y mantenimiento, gastos financieros, impuestos y, para el caso de la mano de obra, las prestaciones de ley y otros (costos privados), en los que se espera incurrir a lo largo de la vida útil del proyecto. De esto, se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Tablas 5.6.2, 5.6.3, 5.6.4, 5.6.5)

A través de esta evaluación, se calculó la rentabilidad privada del proyecto de la CT Lerdo U1 y U2, es decir, se comprobó que el servicio tendría la capacidad de obtener los recursos monetarios suficientes para cubrir los costos fijos y variables, recuperando la inversión y generando utilidades.

En la evaluación económica fueron considerados únicamente los recursos reales, excluyendo todos los conceptos que implican transferencias financieras o que no movilicen recursos reales tales como intereses, impuestos y depreciaciones (Ver Tablas 5.6.6, 5.6.7, 5.6.8)

Para finalizar el análisis se trabajó con los métodos de evaluación más tradicionales obteniendo los siguientes resultados: (Ver Detalle en las Tablas 5.6.9, 5.6.10, 5.6.11)

El método del Valor Anual Equivalente: \$37,195.00 con una TREMA de 15%

El método del Valor Presente Neto: \$223,284.00 con una TREMA de 15%

El método de la Tasa Interna de Rendimiento: 22.5056% con una TREMA de 15%

Cabe destacar que este desarrollo se encuentra muy reducido y que harán falta algunas cosas, pero debido a los problemas que se presentaron y al conocer las evaluaciones de la CFE que habían resumido resultados en ganancias, viabilidad y rentabilidad del proyecto, el resultado puede ser predeterminado.

Tomemos en cuenta que el acopio de datos para esta evaluación fue especialmente complicado. Es difícil creer que en estos años de cambio democrático, algunos funcionarios y jefes departamentales de la CFE y de las distintas secretarías se muestran todavía reacios a proporcionar los datos necesarios para los trabajos de investigación. Pero, afortunadamente, existe gente dispuesta a colaborar en este proyecto. Tal es el caso del Ing. José de Jesús Olivares... a quien debo gran parte de este último tema que si bien no es el punto central de este trabajo, si es de vital importancia en el análisis.

TABLA 5.6.6 Programa de Ingresos Según Proyecciones

Periodos	Consumo de Luz Eléctrica	Tarifa por kw	Ingresos por Facturación
6	1,635,751	0.1791	292,963
7	1,764,806	0.1791	316,077
8	1,833,104	0.1791	328,309
9	1,904,045	0.1791	341,014
10	1,977,731	0.1791	354,212
11	2,054,270	0.1791	367,920
12	2,133,770	0.1791	382,158
13	2,216,347	0.1791	396,948
14	2,302,119	0.1791	412,310
15	2,391,211	0.1791	428,266
16	2,483,751	0.1791	444,840
17	2,579,872	0.1791	462,055
18	2,679,713	0.1791	479,937
19	2,783,418	0.1791	498,510
20	2,891,137	0.1791	517,803
21	3,003,024	0.1791	537,842
22	3,119,241	0.1791	558,656
23	3,239,955	0.1791	580,276
24	3,365,341	0.1791	602,733
25	3,495,580	0.1791	626,058
26	3,630,859	0.1791	650,287
27	3,771,373	0.1791	675,453
28	3,917,325	0.1791	701,593
29-30	4,068,926	0.1791	728,745

TABLA 5.6.7 Programa de Operación

Periodos	Servicios Personales	Energéticos	Mantenimiento y servicios Generales	Materiales de Mantenimiento y Consumo	Impuestos y Derechos	Indirecto o Nacionales	Apropiamiento y Costo Financiero	TOTAL
6	14,341	73,248	2,798	3,876	8,208	1,178	26,286	129,935
7	14,407	73,589	2,811	3,894	8,246	1,184	26,409	130,540
8	14,475	73,933	2,824	3,912	8,285	1,189	26,532	131,151
9	14,543	74,284	2,838	3,931	8,324	1,195	26,658	131,773
10	14,614	74,648	2,852	3,950	8,364	1,201	26,788	132,415
11	14,687	75,018	2,866	3,970	8,406	1,207	26,922	133,076
12	14,767	75,426	2,881	3,991	8,452	1,213	27,068	133,800
13	14,852	75,862	2,898	4,014	8,501	1,220	27,224	134,572
14	14,943	76,328	2,916	4,039	8,553	1,228	27,391	135,395
15	15,039	76,817	2,935	4,065	8,608	1,236	27,567	136,266
16	15,142	77,344	2,955	4,093	8,667	1,244	27,756	137,201
17	15,249	77,886	2,975	4,122	8,728	1,253	27,951	138,164
18	15,362	78,463	2,997	4,152	8,792	1,262	28,158	139,186
19	15,481	79,072	3,021	4,184	8,860	1,272	28,377	140,268
20	15,604	79,700	3,045	4,218	8,931	1,282	28,602	141,380
21	15,732	80,353	3,070	4,252	9,004	1,292	28,836	142,539
22	15,868	81,051	3,096	4,289	9,082	1,304	29,087	143,776
23	16,012	81,786	3,124	4,328	9,165	1,315	29,351	145,082
24	16,165	82,567	3,154	4,369	9,252	1,328	29,631	146,466
25	16,322	83,371	3,185	4,412	9,342	1,341	29,919	147,893
26	16,485	84,203	3,217	4,456	9,435	1,354	30,218	149,369
27	16,655	85,071	3,250	4,502	9,533	1,368	30,530	150,909
28	16,828	85,955	3,284	4,549	9,632	1,383	30,847	152,477
29-30	17,007	86,868	3,319	4,597	9,734	1,397	31,174	154,096

TABLA 5.6.8 Beneficios Netos Privados del Proyecto

Periodos	Flujo Neto de Efectivo
6	163,028
7	185,537
8	197,158
9	209,242
10	221,797
11	234,844
12	248,359
13	262,376
14	276,914
15	292,000
16	307,639
17	323,891
18	340,751
19	358,243
20	376,423
21	395,302
22	414,879
23	435,194
24	456,267
25	478,166
26	500,918
27	524,544
28	549,116
29-30	574,649

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

TABLA 5.6.9 Método del Valor Anual Equivalente (VAE)

PERIODO (n)	AÑO	TREMA (i)	F	FNE	FNE/(1+i)^n	(1+i)^n
0	1985	15%	18,172	(82,278)	(545,166)	1.000
1	1986			(125,339)		1.150
2	1987	A/p, i%, n		(37,633)		1.323
3	1988	0.01533		(64,662)		1.521
4	1989			(154,619)		1.749
5	1990			(80,635)		2.011
6	1991			147,884	63,934	2,313
7	1992			170,393	64,057	2,660
8	1993			182,014	59,501	3,059
9	1994			194,098	55,175	3,518
10	1995			214,225	52,953	4,046
11	1996			219,700	47,223	4,652
12	1997			233,215	43,589	5,350
13	1998			247,232	40,182	6,153
14	1999			261,770	36,996	7,076
15	2000			276,856	34,024	8,137
16	2001			292,495	31,257	9,358
17	2002			308,747	28,691	10,761
18	2003			325,495	26,302	12,375
19	2004			343,099	24,108	14,232
20	2005			361,279	22,074	16,367
21	2006			380,158	20,198	18,822
22	2007			399,736	18,468	21,645
23	2008			420,050	16,875	24,891
24	2009			441,123	15,410	28,625
25	2010			463,022	14,066	32,919
26	2011			485,774	12,832	37,857
27	2012			509,400	11,701	43,535
28	2013			533,972	10,665	50,066
29	2014			559,505	9,718	57,575
30	2015			559,505	8,450	66,212
				Σ	768,450	
				VAE	\$37,195	

TABLA 5.6.10 Método del Valor Presente Neto (VPN)

PERIODO (n)	AÑO	TREMA (i)	FNE	FNE/(1+i)^n	(1+i)^n
0	1985	15%	(82,278)	(545,166)	1,000
1	1986		(125,339)		1,150
2	1987		(37,633)		1,323
3	1988		(64,662)		1,521
4	1989		(154,819)		1,749
5	1990		(80,635)		2,011
6	1991		147,884	63,934	2,313
7	1992		170,393	64,057	2,660
8	1993		182,014	59,501	3,059
9	1994		194,098	55,175	3,518
10	1995		214,225	52,953	4,046
11	1996		219,700	47,223	4,652
12	1997		233,215	43,589	5,350
13	1998		247,232	40,182	6,153
14	1999		261,770	36,996	7,076
15	2000		276,856	34,024	8,137
16	2001		292,495	31,257	9,358
17	2002		308,747	28,691	10,761
18	2003		325,495	26,302	12,375
19	2004		343,099	24,108	14,232
20	2005		361,279	22,074	16,367
21	2006		380,158	20,198	18,822
22	2007		399,736	18,468	21,645
23	2008		420,050	16,875	24,891
24	2009		441,123	15,410	28,625
25	2010		463,022	14,066	32,919
26	2011		485,774	12,832	37,857
27	2012		509,400	11,701	43,535
28	2013		533,972	10,665	50,066
29	2014		559,505	9,718	57,575
30	2015		559,505	8,450	66,212
			VPN:	\$223,284	

TABLA 5.6.11 Método de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

PERIODO (n)	AÑO	TREMA (i)	Flujo de Efectivo en el Año t	Saldo al Inicio del Año t	Intereses Sobre el Saldo	Saldo al Final del Año t
0	1985	15%	(82,278)			(82,278)
1	1986		(125,339)	(82,278)	(18,517)	(226,134)
2	1987		(37,633)	(226,134)	(50,893)	(314,660)
3	1988		(64,662)	(314,660)	(70,816)	(450,138)
4	1989		(154,619)	(450,138)	(101,306)	(706,063)
5	1990		(80,635)	(706,063)	(158,904)	(945,602)
6	1991		147,884	(945,602)	(212,813)	(1,010,531)
7	1992		170,393	(1,010,531)	(227,426)	(1,067,564)
8	1993		182,014	(1,067,564)	(240,261)	(1,125,811)
9	1994		194,098	(1,125,811)	(253,370)	(1,185,083)
10	1995		214,225	(1,185,083)	(266,710)	(1,237,569)
11	1996		219,700	(1,237,569)	(278,522)	(1,296,390)
12	1997		233,215	(1,296,390)	(291,760)	(1,354,936)
13	1998		247,232	(1,354,936)	(304,936)	(1,412,640)
14	1999		261,770	(1,412,640)	(317,923)	(1,468,793)
15	2000		276,856	(1,468,793)	(330,560)	(1,522,497)
16	2001		292,495	(1,522,497)	(342,647)	(1,572,648)
17	2002		308,747	(1,572,648)	(353,934)	(1,617,835)
18	2003		325,495	(1,617,835)	(364,103)	(1,656,443)
19	2004		343,099	(1,656,443)	(372,792)	(1,686,137)
20	2005		361,279	(1,686,137)	(379,475)	(1,704,333)
21	2006		380,158	(1,704,333)	(383,570)	(1,707,745)
22	2007		399,736	(1,707,745)	(384,338)	(1,692,347)
23	2008		420,050	(1,692,347)	(380,873)	(1,653,170)
24	2009		441,123	(1,653,170)	(372,056)	(1,584,103)
25	2010		463,022	(1,584,103)	(356,512)	(1,477,593)
26	2011		485,774	(1,477,593)	(332,541)	(1,324,359)
27	2012		509,400	(1,324,359)	(298,055)	(1,113,014)
28	2013		533,972	(1,113,014)	(250,490)	(829,532)
29	2014		559,505	(829,532)	(186,691)	(456,718)
30	2015		559,505	(456,718)	(102,787)	(0)
					TIR:	22.5056%

ANEXO 1

Estudio de la Difusión Atmosférica de los Gases Emitidos por La C. T. Lerdo, Durango.

1. Consideraciones Generales

Los contaminantes Atmosféricos que emitirá la Central Termoeléctrica Lerdo son:

- ♦ Partículas suspendidas
- ♦ Dióxido de Azufre (SO₂)
- ♦ Dióxido de nitrógeno

De estos contaminantes del dióxido de azufre será el que se producirá en mayor cantidad y por tanto, es el que determinará la extensión y la intensidad de las medidas anticontaminantes de tipo general, así como la altura de la chimenea para que al dispersarse los contaminantes tengan una concentración tal que no rebase los límites establecidos en la norma de calidad del aire.

Debido a que en la actualidad no se cuenta con datos de operación por parte de la C. T. Lerdo, la altura de la chimenea y las emisiones atmosféricas producidas por ésta se determinaron a partir de los modelos matemáticos de Briggs y Turner [CIFCA, 1990]. Estos modelos se alimentaron con datos meteorológicos del sitio de Villa Juárez (Figuras. 1 y 2) contenido promedio de azufre en el combustible a utilizar y características termodinámicas de los gases de salida y otros parámetros. (Tabla 1)

TABLA 1 Datos Generales para Modelación de Emisiones Atmosféricas en la C. T. Lerdo

PARAMETRO	VALOR
Número de unidades generadoras (Nu)	2
Capacidad de cada unidad (MW)	160
Número de chimenea para 2 unidades	1
Diámetro de chimenea (m)	34
Consumo de combustóleo por unidad (kg/h)	36.73
Contenido de Azufre en combustible (%)	3.1
Volumen de gases de combustión por unidad (m ³ /s)	246.92
Emisión de bióxido de Azufre por unidad (SO ₂ g/s)	163.71 *
Temperatura de salida de gases (°C)	149
Temperatura promedio ambiente (°C)	19.7
Dirección predominante del viento (anual)	NE y NNE
Velocidad mínima promedio del viento (m/s)	1.83
Velocidad máxima promedio del viento (m/s)	2.76

2. Modelo Matemático

El modelo matemático utilizado (Dispersión de tipo Gaussiano) aplica las siguientes ecuaciones:

$$H = \frac{16 * Q * b * e^{-b + \frac{1}{2}b}}{a * B * 2\pi(N - C_r) \frac{b(b+1)}{a^2} \left(\frac{b+1}{2}\right)}$$

Donde

H = altura de la chimenea, m
Q = emisión de contaminantes, g/s

a y b = coeficientes cuyo valor depende de la estabilidad atmosférica

N = norma de calidad del aire, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

C_r = Concentración característica del sitio, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

B = parámetros de ascenso de pluma

El parámetro B se calcula de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$B = 50.33 * Q_y \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right)^{\frac{3}{4}} \quad \text{ó} \quad Q_y \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right) > 17.6$$

$$B = 76.65 * Q_y \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right)^{\frac{3}{5}} \quad \text{ó} \quad Q_y \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right) > 17.6$$

Donde

T_a = temperatura ambiente, ° K

T_s = temperatura de los gases escape, ° K

Q_v = gasto volumétrico de los gases de escape, m^3/s a T_s

Con el objeto de definir la difusión del SO_2 y determinar la concentración promedio en los alrededores de la C. T. Lerdo, se hizo un estudio de difusión a largo plazo (concentración promedio anual) en la que se usa una función de frecuencias combinadas de estabilidad y se consideran todas las combinaciones de velocidad del viento con sus direcciones y estabilidad atmosférica respectiva. Tablas 2 y 3.

Adicionalmente a la altura de la chimenea se aplicaron datos correspondientes a la altura diurna de la capa de mezcla que fue de 400 m y la altura nocturna que fue de 1,200 m.

se determinó la concentración de SO_2 en diversos puntos receptores utilizando un arreglo de malla, simulando dentro de él la fuente de emisión; la longitud de cada cuadro es de 5,000 m.

TABLA 2 Estabilidades de Pasquill - Gifford e Intervalos de Velocidad Predominantes

Clases de Estabilidad	Rangos de Velocidad, (m/s)
1 - A	-0.5 a 1.56
2 - B	1.56 a 3.35
3 - C	3.35 a 5.6
4 - D	5.6 a 8.27
5 - E	8.27 a 10.73
6 - F	> 10.73

TABLA 3 Exponente Dependiente de la Estabilidad para Perfiles de Velocidades del Viento Determinados por Morris

Estabilidad	Exponente
1	0.10
2	0.15
3	0.20
4	0.25
5	0.25
6	0.30

3. Resultados

Como se puede observar en la figura 3, la concentración máxima de $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se localiza a una distancia de 3,500 m, al suroeste de la C. T. Lerdo (coordenadas 10,10). Esta localización se debe principalmente a que los vientos predominantes en la zona de Villa Juárez son NE y NNE, según se observa en la figuras 1 y 2.

Debido a la dirección de los vientos se descarta que haya emisiones contaminantes hacia las ciudades de Lerdo, Torreón y poblados aledaños.

Asimismo se concluye que dada la concentración máxima esperada de $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 el efecto ambiental de la C. T. Lerdo por emisiones atmosféricas no será significativo, utilizando una chimenea de 70 m.

Los resultados obtenidos por este procedimiento fueron a su vez comprobados mediante la aplicación de otro modelo matemático de mayor capacidad (modelo tridimensional de dispersión código PHOENICS)¹² el cual corrobora el orden de magnitud de las concentraciones de SO_2 esperadas a nivel de suelo y confirma que la altura de la chimenea propuesta mitigará adecuadamente el impacto por emisiones atmosféricas.

¹² La comprobación se muestra en el Anexo 2 de este mismo trabajo

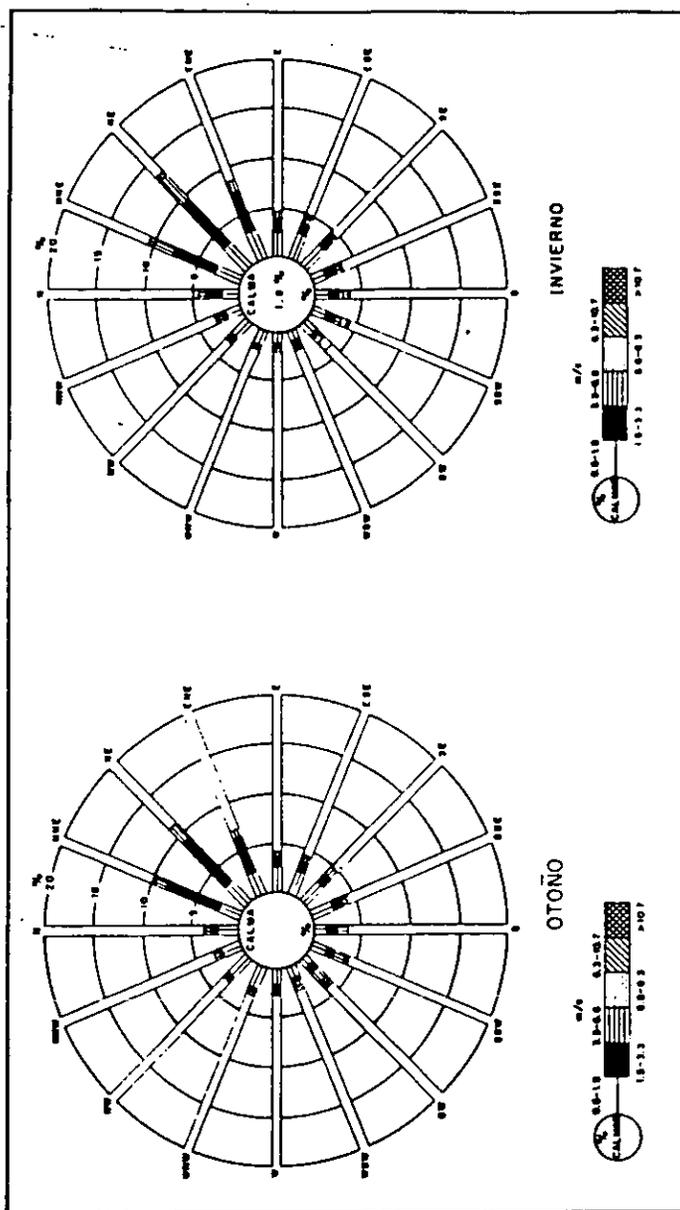


Figura 2 Rosa de Vientos Registrado en Villa Juárez

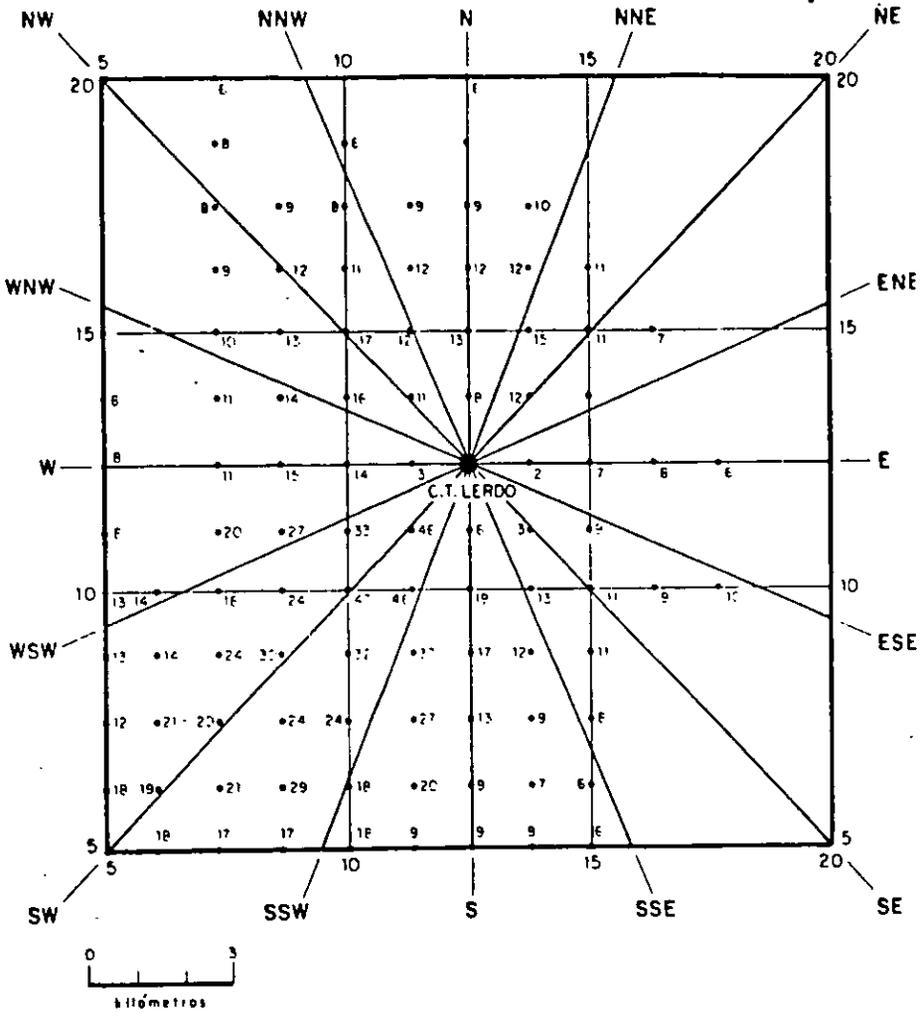


Figura 3 Dispersión Promedio anual de SO₂ (pg/m³)

ANEXO 2

Estudio de Comprobación para la Difusión de Emisiones Atmosféricas de la C. T. Lerdo, Durango.

1. Introducción

El objetivo principal de este trabajo, es la determinación de los niveles de contaminación ocasionados por la emisión de la chimenea. Esto requiere de la información técnica proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE); ésta es:

- Características geométricas de la casa de máquinas
- Altura y diámetro de la chimenea
- Flujo de gases emitidos
- Contenido de SO₂ en los gases emitidos
- Velocidad del viento
- Temperatura ambiente

A esta información se le agregó a las propiedades termodinámicas de los gases emitidos y del aire la difusividad térmica, densidad y coeficiente de expansión térmica.

Al suministrar la información anterior al modelo matemático, éste proporcionará lo siguiente:

- Campos de velocidades en el dominio
- Campos de temperaturas en el dominio
- Campos de concentraciones en el dominio

Con lo anterior se determinará el nivel de contaminación a nivel de piso alrededor de la chimenea a lo largo de la dirección del viento.

2. Descripción del Modelo

Los resultados que se presentan en este reporte, fueron obtenidos para la emisión de contaminantes en un dominio tridimensional. Este dominio computacional fue discretizado por medio de una malla cartesiana no uniforme a lo largo de las direcciones X, Y, Z.

Los ejes de coordenadas están alineados de tal manera que el eje Z es horizontal y paralelo a la dirección predominante del viento y por tanto, paralelo a la dirección principal de la pluma contaminante; el eje Y es vertical y representa la altura del dominio computacional, mientras que el eje X se elige horizontal y perpendicular a la dirección predominante del viento.

Las dimensiones consideradas para el edificio son:

Altura = 28.45 m, largo = 110.5 m, profundidad = 37.5 m. La altura de la Chimenea alcanza 70 m sobre el nivel de piso, conteniendo dos ductos con un diámetro de salida de 4.5 m.

Las variables dependientes involucradas en la solución del problema son:

- Presión (P)
- Tres componentes de la velocidad (u, v, w)
- Temperatura (T), y
- Concentración de contaminantes emitidos (C)

Las ecuaciones que gobiernan el balance de éstas variables en estado permanente son :

Ecuación de Continuidad (1)

$$\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = 0$$

Ecuaciones de Navier-Stokes

Componente x (2)

$$u \frac{du}{dx} + v \frac{du}{dy} + w \frac{du}{dz} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} + \nu \left(\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} + \frac{d^2u}{dz^2} \right)$$

Componente y (3)

$$u \frac{dv}{dx} + v \frac{dv}{dy} + w \frac{dv}{dz} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dy} + \nu \left(\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{d^2v}{dy^2} + \frac{d^2v}{dz^2} \right)$$

Componente z (4)

$$u \frac{dw}{dx} + v \frac{dw}{dy} + w \frac{dw}{dz} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} + \nu \left(\frac{d^2w}{dx^2} + \frac{d^2w}{dy^2} + \frac{d^2w}{dz^2} \right)$$

Ecuación de Energía (5)

$$u \frac{dT}{dx} + v \frac{dT}{dy} + w \frac{dT}{dz} = a \left(\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{d^2T}{dy^2} + \frac{d^2T}{dz^2} \right) + S$$

Ecuación de conservación de Especies Químicas (6)

$$u \frac{dC}{dx} + v \frac{dC}{dy} + w \frac{dC}{dz} = D \left(\frac{d^2C}{dx^2} + \frac{d^2C}{dy^2} + \frac{d^2C}{dz^2} \right) + S_c$$

Las ecuaciones de Navier-Stokes se acoplan con la ecuación de energía y especies químicas a través del término fuente S , el cual representa efectos de flotación y peso del contaminante. La evaluación de éste se lleva a cabo a través de la aproximación de Boussinesq [CIFCA, 1990].

Término Fuente (7)

$$S = \rho g B_i (T - T_0) + B_c (C - C_0)$$

En donde ρ es la densidad de la mezcla evaluada a la temperatura y concentración de referencia T_0 y C_0 respectivamente; g es el vector de gravedad y B_i y B_c son constantes utilizadas para establecer relaciones lineales densidad - temperatura y densidad - concentración..

La difusión de SO_2 está dada por la relación(8)

$$D = D_0 \left(\frac{P_0}{P} \right) \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1.5}$$

y su densidad toma un valor dado por (9)

$$\rho_{SO_2} = \rho_0 \left(\frac{T_0}{T} \right) \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

La solución de las ecuaciones requiere la especificación de condiciones de frontera adecuadas. En este estudio se requiere información de 7 regiones.

REGIÓN 1: Entrada

Esta región ocupa la primera sección transversal X-Y (TZ = 1) del dominio en donde se requiere especificar el perfil de velocidades del aire, el de temperatura y el flujo másico de aire.

El perfil de velocidades en esta región está dado por la relación..... (10)

$$W = W_0 \left(\frac{y}{y_0} \right)^a$$

en donde W_0 representa un valor de velocidad conocido a una altura y_0 y el exponente a es 1/7. Suponiendo que las variaciones de temperatura en la dirección vertical son pequeñas, se especifica una temperatura uniforme T_0 .

El gasto másico para cada celda en esta región está dado por (11)

$$m = \rho W A$$

en donde ρ es la densidad del aire a temperatura ambiente en concentración cero, W es la velocidad del viento en el centro de la celda y A es el área de la cara de la celda perpendicular al flujo respectivamente.

REGIONES 2, 3 y 4: Cielo y Entradas Laterales

Estas regiones delimitan las fronteras superior y laterales del dominio computacional. En ellas se especifica una presión externa de referencia igual a cero y una velocidad y temperatura iguales a las del viento a la altura correspondiente.

REGIÓN 5: Salida

Esta región ocupa la última sección transversal (X - Y) (NZ) del dominio. En ella, nuevamente se requiere especificar la presión externa al valor de referencia cero.

REGIÓN 6: Suelo

Esta región delimita el dominio en $y = 0$. En ella sólo se requiere especificar la condición de no deslizamiento para las velocidades paralelas a esta superficie. en forma matemática esto es:
 $u = w = 0$, en $y = 0$

REGIÓN 7: Chimenea

La emisión de contaminantes se representa como una fuente de masa, momento, energía y concentración en las ecuaciones correspondientes.

3. Método de Solución

Dada la complejidad de las ecuaciones que gobiernan este proceso, necesariamente se requiere de un algoritmo numérico para su solución. El primer paso, es la discretización del dominio de integración; esto es, la subdivisión del espacio en volúmenes de control alrededor de los cuales se integran las ecuaciones de transporte antes presentadas.

La figura 1 muestra el dominio de interés en forma discretizada; se puede apreciar que la malla no es uniforme en ninguna de las tres direcciones. Con un doble propósito:

1. Representar adecuadamente la estructura de la casa de máquinas y de la chimenea por medio del bloqueo de volúmenes de control seleccionados, y
2. Utilizar una mayor cantidad de volúmenes de control en las regiones en donde se esperan altos gradientes de las variables dependientes; tanto en los lados como en el frente de la chimenea.

La malla utilizada es de $NX = 9$, $NY = 15$ y $NZ = 15$ lo cual hace un total de 2025 nodos que cubren un dominio total de 720 m en la dirección X, 1670 m en la dirección Y y 4440 m en la dirección Z respectivamente.

Las ecuaciones presentadas en el punto 2, fueron resueltas por el código PHOENICS, propiedad de CHAM LTD en Londres, Inglaterra [Spalding, 1981][Ref. 4.2]. Esta solución se lleva a cabo a través de un algoritmo implícito que resuelve las ecuaciones en forma elíptica. El número de iteraciones requerido para cada corrida es de 200 veces. Esto se traduce en aproximadamente 2.5 horas de CPU por corrida en una microcomputadora Hewlett Packard 9000 Serie 500 con sistema operativo UNIX.

4. Resultados

Los resultados se presentan a través de figuras que muestran:

Vectores de velocidad de viento

Contornos de concentración de SO_2 en el dominio

Perfiles de concentración de SO_2 a nivel de piso a lo largo de la dirección del viento

Los perfiles de velocidad del viento utilizados como condición de frontera a la entrada del dominio, son obtenidos a partir de la ecuación (10) utilizando:

$w = 1.83 \text{ m/s}$ a $y_0 = 10 \text{ m}$ (valor mínimo reportado)
 $w = 2.76 \text{ m/s}$ a $y_0 = 10 \text{ m}$ (valor máximo reportado)

En la figura 2 se presenta una vista lateral de los contornos de concentración de SO_2 cuando la velocidad del viento es de 1.83 m/s. En ella se puede apreciar claramente la forma en que el contaminante se dispersa en el aire conforme avanza en la dirección z. Pero, para una velocidad de viento de 2.76 m/s (figura 4) se nota que la dispersión del contaminante en la dirección vertical es menor que en el caso anterior;

La figura 3 muestra una vista lateral en la región cercana a la chimenea y los vectores de velocidad del aire sobrepuestos en el extremo derecho se puede notar que los vectores de velocidad sufren una desviación en dirección vertical, indicando que el efecto de flotación de los gases predomina sobre el peso de los mismos. Asimismo en la figura 5 se nota que los vectores de velocidad en el extremo derecho de la figura, se eleva en menor grado que en el caso anterior, debido al dominio de la fuerza ejercida por el viento sobre las fuerzas de flotación.

Para el caso de 2.76 m/s, la figura 6 muestra una vista tridimensional de la envolvente de la pluma contaminante, con el fin de ilustrar el grado de dispersión de los gases en la dirección vertical y horizontal.

Finalmente en la figura 7 se muestran los perfiles de concentración de SO_2 a nivel de piso ($y = 1\text{m}$) a lo largo de la dirección z para los dos valores de velocidad considerados. En estas curvas se puede notar que cuando la velocidad del viento es mayor, los niveles de contaminación se hacen menores. Esto se explica nuevamente por el dominio de la convección de SO_2 sobre la difusión en dirección vertical.

A partir de esta figura se puede concluir que los valores obtenidos son del mismo orden de magnitud que los reportados por la CFE. Sin embargo, este estudio muestra que si bien el valor máximo reportado por la CFE ($47 \mu\text{g}/\text{m}^3$) es adecuado a una distancia muy próxima a la mencionada, éste no representa el valor máximo en el dominio, el cual resultó ser de $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

una distancia de 3750 m. A pesar de las diferencias encontradas, las predicciones del presente estudio también se encuentran por debajo de los valores establecidos por la norma.

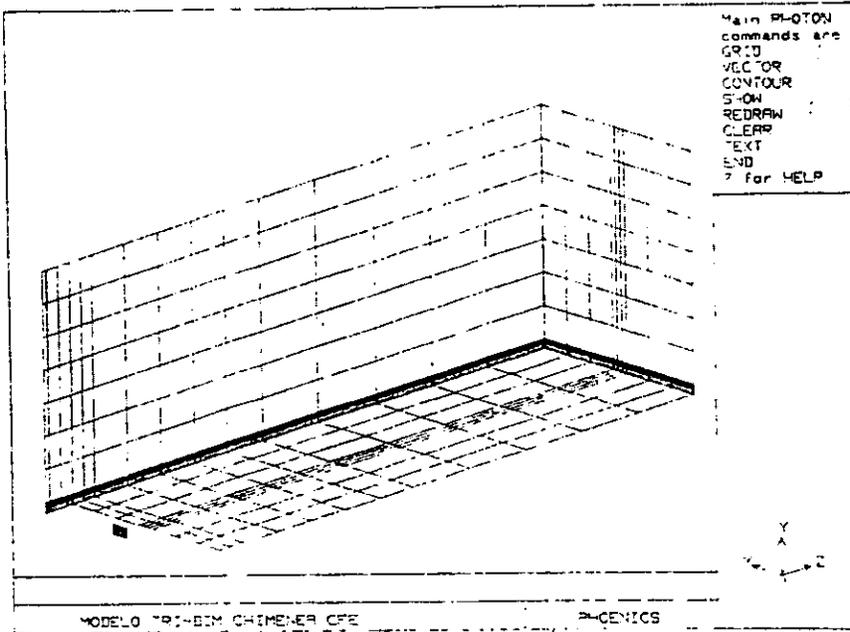


Figura 1 Discretización del Dominio Utilizado

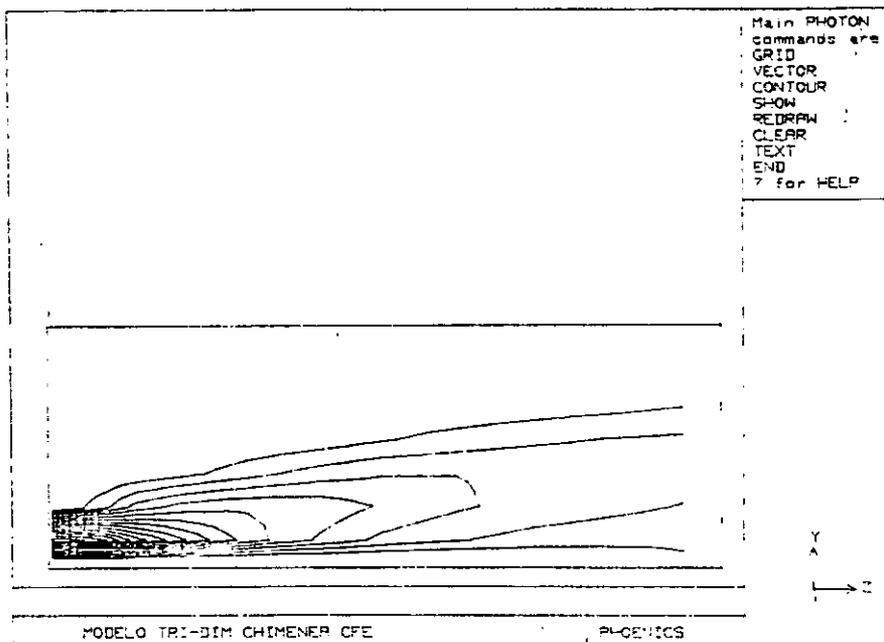


Figura 2 Contornos de Concentración a lo largo de la Pluma para una Velocidad del Viento de 1.83 m/s

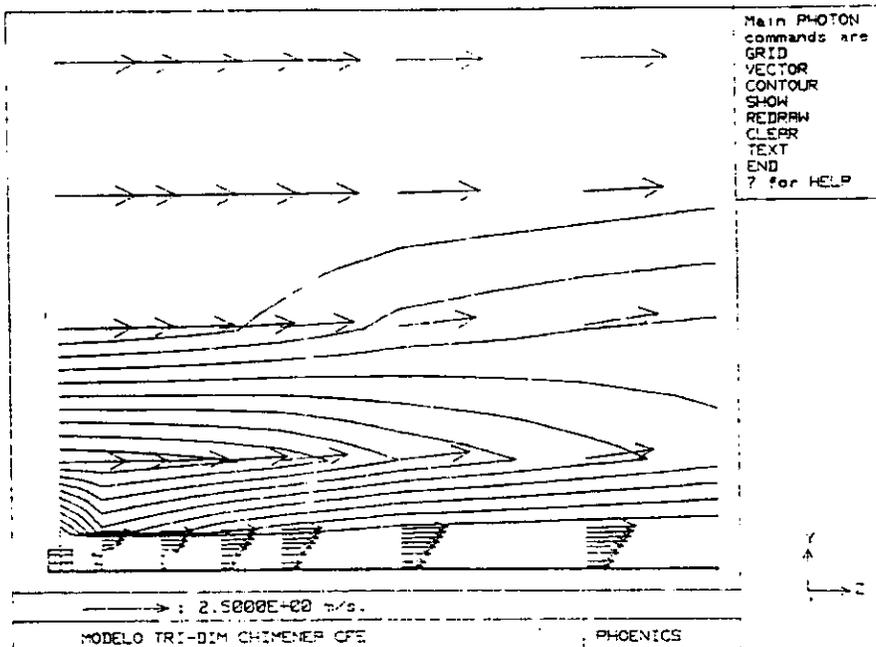


Figura 3 Perfiles de Velocidad y de Concentración en la proximidad de la Chimenea para una Velocidad de 1.85 m/s

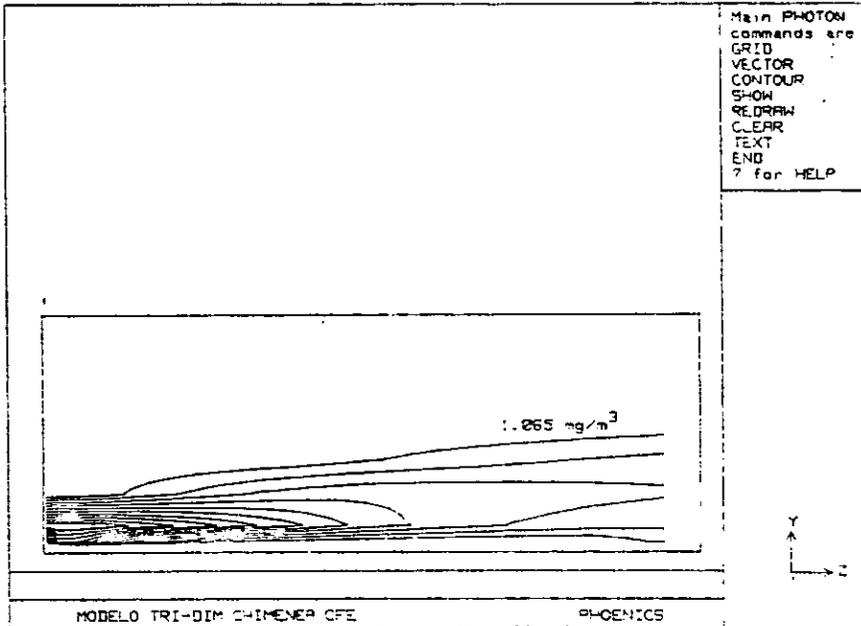


Figura 4 Contornos de Concentración a lo largo de la Pluma para una Velocidad del Viento de 2.76 m/s

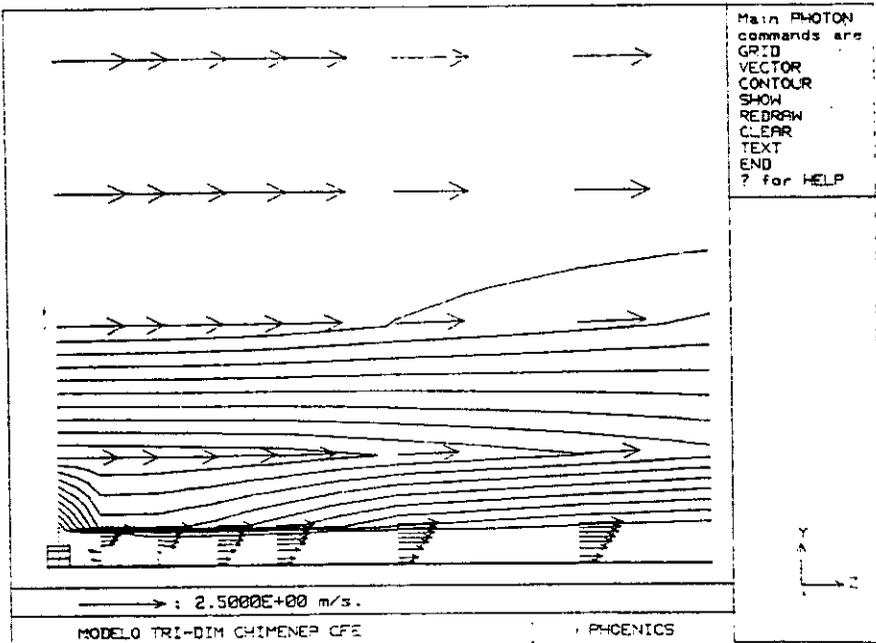


Figura 5 Perfiles de Velocidad y de Concentración en la proximidad de la Chimenea para una Velocidad de 2.76 m/s

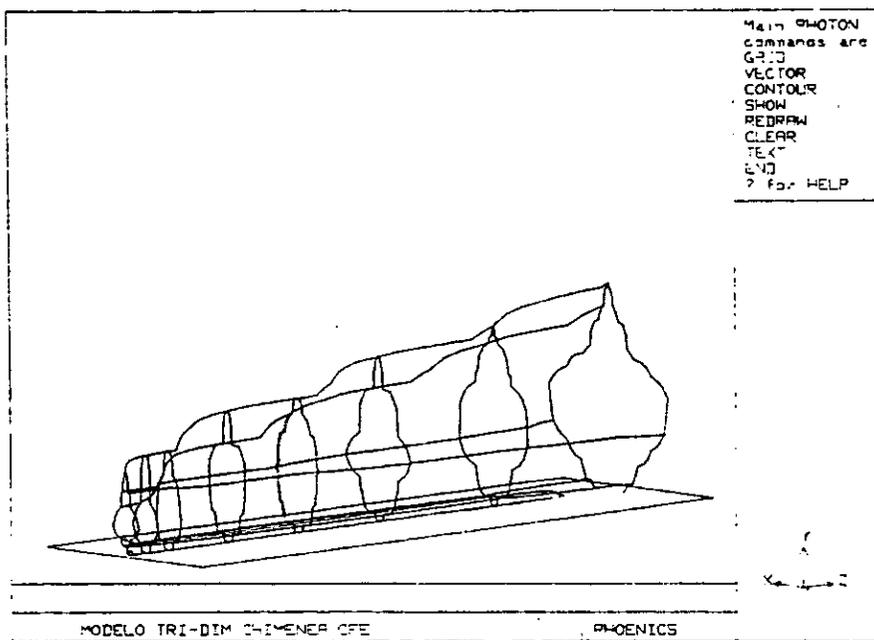


Figura 6 Envolverte de la Pluma Contaminante para un Valor de Concentración Particular

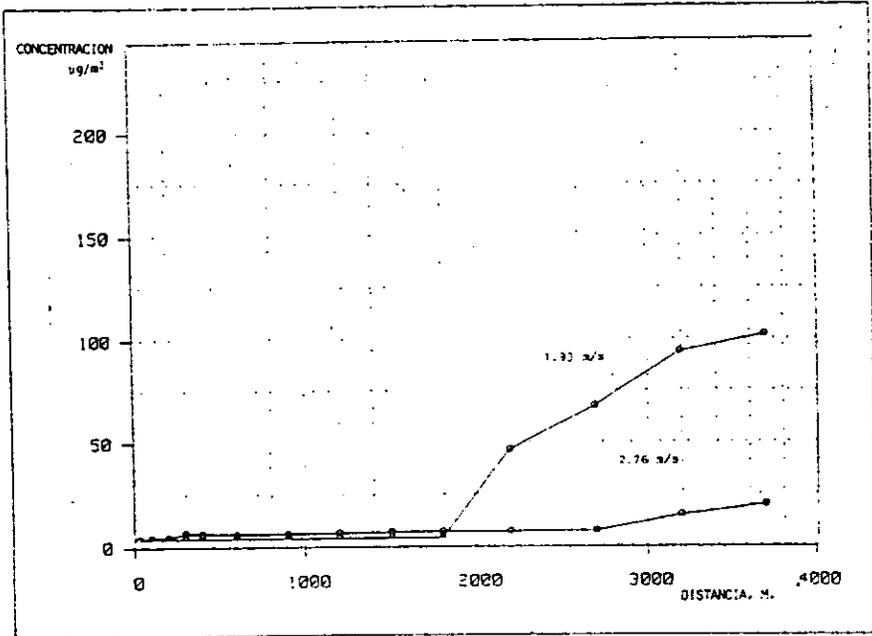


Figura 7 Variación de Concentración a Nivel de Piso a lo Largo de la Dirección Z.

CONCLUSIONES

El medio ambiente ya no es un bien gratuito, que solía ser no hace mucho tiempo, cuando el aire y el agua por ejemplo, eran considerados bienes no económicos. Actualmente se reconoce universalmente que el medio ambiente puede no tener un precio explícito (de comercio), pero sin duda tiene un valor económico evidente: a) Es una fuente de recursos naturales, importante para la producción de muchos bienes y servicios, b) Contribuye a asimilar los desechos, c) Constituye un sistema de sustentación de vida que garantiza la continuidad y diversidad de la vida en el planeta.

En consecuencia la estimación del impacto ambiental de los proyectos de inversión es una práctica habitual en varios países desarrollados. En el caso de países como el nuestro, la situación es más complicada. No se ha generalizado la percepción del medio ambiente como bien de consumo, sino que hay necesidades más apremiantes que atender como: La salud, la pobreza, la educación, la seguridad pública, etc. Sin embargo se está tomando conciencia de la degradación ambiental (de carácter público) y que hace peligrar la sustentabilidad del proceso de desarrollo.

Un paso esencial para lograr una economía eficiente de los recursos naturales, es la incorporación efectiva de los aspectos ambientales en el proceso de adopción de decisiones. Un propósito fundamental en la realización de este trabajo es de ayudar a dar ese primer paso.

Se puede llegar a dos diferentes posturas con respecto a la aplicación del estudio de impacto ambiental dentro del estudio tradicional de proyectos de inversión.

- 1) Hacer la evaluación de proyectos de modo tradicional y por otro lado hacer la evaluación de impacto ambiental, comparar resultados y decidir si es viable o no el proyecto.
- 2) Hacer la evaluación de proyectos de modo tradicional y ampliarla a fin de incluir una nueva columna de efectos ambientales netos, que pueden agregarse al flujo neto de efectivo, ya computados, de modo de obtener un indicador de valor presente neto global del proyecto.

Este procedimiento es incompleto por que no tiene en cuenta los nexos ambientales hacia atrás (pasados) de la actividad económica que se está evaluando.

Este trabajo ha sido elaborado para concientizar, aportar y tratar de exponer el papel fundamental que le corresponde a la economía ambiental (evaluación de Impacto Ambiental) en traspasar la línea que divide el proceso convencional de adopción de decisiones de desarrollo (Evaluación de Proyectos de Inversión) y el nuevo enfoque, más sensible a los problemas ambientales (Ecodesarrollo ó Desarrollo Sustentable).

Por otra parte, es muy común que en la literatura sobre la economía ambiental afirmar que la práctica tradicional de evaluar los proyectos de inversión no puede llevar si no a conclusiones erróneas sobre la rentabilidad de los proyectos, y que no estoy de acuerdo.

Si por tradicional entendemos un análisis mal hecho, es decir, el que tiene en cuenta solamente el valor estrictamente financiero, ignorando por lo tanto las cuestiones ambientales y que repercutirán sobre las generaciones futuras. Pero no deja de ser cierto que el análisis de evaluación tradicional, no es sino una pieza de información adicional que puede ayudar en el proceso de las tomas de decisiones, por que permite situar en un marco operativo una dimensión de los recursos del

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

proyecto: la de quienes resultan beneficiados, y ¿por qué?, y la de quienes resultan perjudicados, y ¿por qué?. En sí mismo, el análisis tradicional no puede, ni debería, resolver el problema planteado, pero no por ello deja de proporcionar una información de gran utilidad.

Por último, en el ejemplo práctico de este trabajo se encontraron 16 impactos adversos significativos y que requirieron de medidas de mitigación a mediano y largo plazo.

Las acciones del proyecto C.T. LERDO que generaron los impactos adversos fueron:

1. Quema de combustible para generar el vapor (emisiones atmosféricas)
2. Uso de agua (agua para enfriamiento y otros usos)
3. Desechos líquidos (drenajes: ácidos, alcalinos, aceitosos y sanitarios)
4. Manejo y disposición de desechos (sólidos)

Para los impactos no significativos y que debido a su carácter reversible a corto plazo se requirieron medidas de mitigación temporales, sobre todo en la etapa de preparación de sitio y construcción.

Con base en el análisis efectuado en el proceso total de evaluación y debido a que la implantación del proyecto durante sus diversas etapas se llevo a cabo con las normas de protección ambiental, la conclusión de este trabajo indica que el proyecto C.T. Lerdo tuvo un efecto al nivel regional y nacional favorable para la economía nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.1 Melnick Julio, "*Manual de proyectos de desarrollo económico*", Naciones Unidas, México. 1990.
- 1.2 Instituto Latinoamericano de Planeación Económica y Social (ILPES). "*Guía para la presentación de proyectos*". 20a. edición. México D. F., ed. Siglo XXI, 1992. 230 pp.
- 2.1 Coss Bu Raúl. "*Análisis y evaluación de proyectos de inversión*", De Limusa, Noriega Editores. México, 1994.
- 3.1 Pezzey, J. "*Economic Analysis of Sustainable Development*". World Bank Environment Paper. No 2, Washington, D.C., Banco Mundial. 1993
- 3.2 Munasinghe, M. "*Operationalizing sustainable development. An economic viewpoint*", Finance and Development, Banco Mundial. 1993
- 3.3 Maler, K.G., "*Economic theory and environmental degradation: a survey of some problems*", Revista de análisis económico, vol.5, No2, 1990
- 3.4 Programa del las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. "*Caring for the Earth*". Nueva York, Naciones Unidas.
- 3.5 Brooks David, "*Mas Allá de las Frases Llamativas: ¿Que significa realmente desarrollo sustentable?*" En el *cid. Informa*; vol. VIII núm. IV; Octubre 1990. pp. 24-25.
- 3.6 Dasgupta, P. y K.G. Maler, "*The environmental and emerging development issues*", Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics, Washington, D.C., Banco Mundial.
- 3.7 Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, "*Our Common Future*", Oxford, Oxford University Press. 1987
- 3.8 Banco Mundial "*Brazil: an analysis of environmental problems in the Amazon*". Informe No9104-BR, vol.2, anexo 5, Washington, D.C. 1992
- 3.9 Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, "*Pautas para la evaluación de proyectos*", Nueva York. 1972
- 3.10 Pearce, D.W. 1991, "Economic valuation and de natural Word" informe preparado para el World Development Report 1992. Washington, D. C., Banco Mundial, agosto.
- 3.11 Azqueta Diego, Antonio Ferreiro, *Análisis económico y gestión de recursos naturales*, De Alianza Editorial, España, 1994.
- 3.12 Bishop R.C., "*Option value: an exposition and extension*", Land Economics, vol.58, No1, febrero. 1982
- 4.1 Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA), "*Las Evaluaciones de Impacto Ambiental*", 10a edición. Madrid, España. ed. CIFCA, 1990. 99pp
- 4.2 Spalding, D.B. "*A general propose computer program for multi-dimensional one and two-phase flows*", Math. and Comp. insimulation, 23, pp 267.276, 1981.

La Importancia del Estudio del Impacto Sobre el Medio Ambiente en la Evaluación de Proyectos

- 5.1 CFE, Subdirección de Construcción, Gerencia de Proyectos Termoeléctricos, "Manifiesto de Impacto ambiental del anteproyecto C.T. Lerdo", Abril 1985.
- 5.2 CFE, Departamento de Seguridad Industrial, "Manual de Seguridad Industrial", Vol. I y II, 1980.
- 5.3 SEDUE, Serie: Normatividad Ecológica No. 2, "Reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos", Septiembre 1981.
- 5.4 Garcia, E., 1973. "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Inst. Geografía UNAM. México, 746 pp.
- 5.5 CFE, Consideraciones Geohidrológicas. Plantas de Generación Electrica en la Comarca Lagunera. Gerencia de proyectos Hidroeléctricos, Subgerencia de Ingeniería Preliminar, Civil y Geotécnia. 1985.
- 5.6 INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Durango, SPP, 934 pp.
- 5.7 Rzedowski, J. 1972, Contribucion a la fitogeografía florística e histórica de México, III. Algunas tendencias a la distribución geográfica delas Compositas. México. 123-132 pp.
- 5.8 Gentry, H.S. 1980. Los Pastizales de Durango. Edic. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov. México. 361 pp.
- 5.9 SEDUE, Dirección General de la Fauna Silvestre. Calendario Cinegético temporada 1987/1988.
- 5.10 DETENAL, 1978. Carta Uso del Suelo Nazareno, G13-D35, Durango, Coahuila 1:50,000. SP. México.
- 5.11 SARH, 1986. Estudio de las plantas termoeléctricas ciclo Combinado y Francke. Estado de Durango.
- 5.12 SARH, 1986. Estudio de la planta termoelectrica Lerdo. Estado de Durango.
- 5.13 CFE, "Memoria del cálculo de la modelación matemática para determinar la altura de la chimenea y la dispersión de las emisiones atmosféricas". 1987, México.
- 5.14 Morales V. Rodolfo, 1986. "Estudio sobre la detección de elementos tóxicos en la zona de Villa Juarez, Durango". Unidad de Estudios de Ingeniería Civil. 1986-1987, México.
- 5.15 SARH, Residencia Gneral de Irrigación y Drenaje, Medio-Nazas. Estudio Agrológico Semidetallado. Cd. Lerdo, Dgo. Tomo II, Septiembre 1986.
- 5.16 SEDUF, 1986. Reglamento para la prevención y Control de la contaminación de aguas. Serie: Normatividad Ecológica, No. 4. México, D.F. 40 pp.
- 5.17 SARH, Residencia Gneral de Irrigación y Drenaje, Medio-Nazas. Estudio Agrológico Semidetallado. Cd. Lerdo, Dgo. Tomo I, Julio 1986.
- 5.18 CFE, 1985. "El impacto Ambiental de la Central Termoelectrica Lerdo en Villa Juarez, Durango"

BIBLIOGRAFIA

- Asociación de Investigación y Estudios Sociales (ASIES). Educación ambiental en Guatemala. Guatemala, ed. Piedra Santa, 1988. 72 pp.
- Azqueta, Diego. Teoría de los precios sociales. Biblioteca Básica de la Administración Pública. INAP, Madrid España, 1985.
- Boletín Hidrológico No. 35, Región Hidrológica, No. 36, zona de los ríos Nazas y Aguanaval. Secretaría de Recursos Hidráulicos: jefatura de irrigación y control de ríos. Dirección de Hidrología; Tomo I, 1969.
- Canadá John, R. Técnicas de análisis económico para administración e ingeniería.
- Centro Internacional de Formación de Ciencias Ambientales (CIFCA). Tres casos de impacto ambiental. Aeropuertos. Embalse con central hidroeléctrica. Vertedero de residuos sólidos. Madrid, España, 1989. 99 pp.
- Centro Internacional de Formación de Ciencias Ambientales (CIFCA). Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Madrid, España, 1990. 160 pp.
- CEPAL. El Medio Ambiente como factor de desarrollo, prefactibilidad de proyectos de importancia ambiental y de interés económico. Santiago de Chile, ONU, 1989.
- Coss Bu, Raul. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. 9a edición. México, D. F., ed. LIMUSA, 1994. 375 pp.
- Desvougues W. H. y Smith V. K. Benefic - Cost. Assesment Handbook for water programs. Vol. 1, Ressearch Triangle Institute for the EPA, Washington D. C., 1983.
- Development Policy Review. La evaluación social de proyectos y la estimación del impacto ambiental: un puente teórico necesario pero complicado. Londres, Newbury Park y Nueva Delhi, Sege. vol. 10, No. 3, 1992.
- Fisher A. C. y Krutilla J. V. Economics of nature preservation en Kneese A. V. Handbook of natural resource and energy economics. Vol. 1, Nort Holland.
- Hawkins, C. J. y Pearce D. W. Evaluación de las inversiones. Barcelona, España, ed. Vicens, 1974. 96 pp.
- Instituto Latinoamericano de Planeación Económica y Social (ILPES). Manual de identificación, preparación y evaluación de proyectos. Santiago de Chile, 1994. 186 pp.
- Instituto Latinoamericano de Planeación Económica y Social (ILPES). Guía para la presentación de proyectos. 20a. edición. México D. F., ed. Siglo XXI. 1992. 230 pp.
- Krebs, Charles. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 8a edición. México, ed. MELO, 1990. 753 pp.
- Martínez González, Humberto. Las técnicas de investigación documental. 2a ed. México, UAM, División de Ciencias Sociales, 1979. 115 pp.
- Nacional Financiera (NAFINSA). Proyectos de inversión vinculados con el campo por entidad federativa. México D. F., 1993. 35 pp.

- Nacional Financiera (NAFINSA). Relación de proyectos de inversión. México D. F. 1994.
- OECD. Conference in Environment Assesment: practical guidance on development co-operation projects Paris, 1996.
- OECD. The economic apraisal of enviromental projects and policies: a practical guide. OECD/ODI/EDI Paris, 1995.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). Manual de proyectos de desarrollo económico. 6a edición. Ginebra Suiza, 1984. 264 pp.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). Pautas para la evaluación de proyectos. 2a edición, Austria, 1972.
- Oswald Spring, Ursula. Retos de la ecología en México. México, ed. Porrúa, 1990.
- Pearce, David W. Economic Valuation and the Natural World. Washington, BIRF, 1992.
- Zorrilla, S. y Torres Xammar M. Guía para elaborar la tesis. México D. F., ed. Interamericana, 1986. 105 pp.