



03063

6

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA
COMPUTACIÓN

**SISTEMA INTELIGENTE PARA REALIZAR
EVALUACIONES DE IMPACTO
AMBIENTAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
de la computación

412682

PRESENTA:

JUAN CARLOS CUEVAS TELLO

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN I. NICOLÁS KEMPER VALVERDE

MÉXICO, D.F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

	Página
1 Introducción	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Justificación	2
1.2.1 ¿Cómo se realiza actualmente una evaluación de impacto ambiental?	2
1.2.2 ¿Qué hace el sistema inteligente?	3
1.3 Estado del arte	4
2 Evaluación de Impacto Ambiental	6
2.1 ¿Qué es la evaluación de impacto ambiental?	7
2.2 Origen de la Evaluación de Impacto Ambiental.	7
2.3 Desarrollo de una Evaluación de Impacto Ambiental.	7
2.4 ¿Dónde se emplea el Sistema inteligente?	9
2.5 Metodología a seguir.	9
2.5.1 Evaluación Cualitativa	10
2.5.2 Evaluación Cuantitativa	13
2.6 Impactos ambientales directos e indirectos	17
2.5 Escenarios	18
3 Sistemas Inteligentes	19
3.1 Sistemas Expertos (SE)	21
3.1.1 Definición de SE	21
3.1.2 Características	21
3.1.3 Arquitectura	22
3.1.4 Herramientas de desarrollo	24
3.1.5 Metodología para el desarrollo de Sistemas Expertos	24
4 Desarrollo del sistema: Sistema inteligente para realizar evaluaciones de impacto ambiental.	33
4.1 Definición del problema	34
4.2 Valoración de necesidades	34
4.3 Evaluación de las alternativas de solución	35
4.4 Aspectos administrativos	35
4.5 Diseño conceptual	36
4.6 Selección de recursos de cómputo	37
4.7 Estructura de la base de datos	38
4.8 Base de conocimientos del sistema	39
4.8.1 Fuentes de conocimiento	40
4.8.2 Base de conocimientos de los sistemas expertos	40
4.8.3 Estructura de los sistemas expertos	44
4.9 Descripción y operación del sistema	45
4.10 Ayuda del sistema	47

4.11	Alcance del sistema	47
4.12	Requerimientos de hardware y software del sistema	48
5	Resultados	50
6	Conclusiones	54
7	Trabajos futuros	55
	Anexo I Evaluación de impacto ambiental del caso de estudio: metodología tradicional	56
	- EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DEL LIBRAMIENTO YAUTEPEC-OACALCO DE LA CARRETERA YAUTEPEC-CUAUTLA EN EL ESTADO DE MORELOS	57
	- MEDIDAS DE MITIGACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	65
	Anexo II Evaluación de impacto ambiental del caso de estudio: empleando el sistema.	72
	Anexo III Base de datos	92
	Anexo IV Manual del usuario	110
	Bibliografía	151
	Agradecimientos	154

Capítulo 1

Introducción

1 Introducción.

El medio ambiente tiene un efecto muy importante en la salud pública. Haciendo una correcta evaluación de impacto ambiental de las acciones del hombre, ayudará a preservar la salud pública del posible daño de éstas acciones [18]. Además, que nos ayuda a preservar la biodiversidad en las especies que hay en nuestro planeta.

Por su misma naturaleza, las ciencias ambientales tratan sobre sistemas complejos, con comportamiento matemático no lineal y una gran cantidad de variables, donde la predicción de impactos ambientales con exactitud se hace difícil, sino imposible, en muchos casos [1].

De aquí surge la necesidad de unificar las ciencias ambientales a otras ciencias para poder modelar sistemas complejos y resolver los problemas alrededor de estos sistemas. Actualmente se habla de técnicas como la simulación por escenarios, simulación no numérica, sistemas de información geográfica acoplados a modelos probabilísticos y técnicas de inteligencia artificial entre otras; que ayudan a poner en contexto y analizar grandes cantidades de datos que hace unos años hubieran sido considerados confusos, subjetivos, no cuantitativos y básicamente no apropiados para la predicción exacta y rigurosa [1].

1.1 Objetivo

En este trabajo se plantea el desarrollo de una herramienta de cómputo que apoye la realización de los estudios de impacto ambiental, para la identificación y evaluación de impactos así como en el manejo de acciones mitigadoras. Siendo de principal importancia el conocimiento de un experto humano realizando evaluaciones de impacto ambiental.

Así como mostrar que la técnica de sistemas basados en conocimiento: Sistemas Expertos, es una técnica para llevar a cabo dicha herramienta de cómputo. Conjuntamente con un manejador de base de datos que permite manipular el volumen de información que se requiere para la identificación y evaluación de impactos como las acciones mitigadoras, que además permitirá manejar una gran cantidad de proyectos.

1.2 Justificación

1.2.1 ¿Cómo se realiza actualmente una evaluación de impacto ambiental?

Actualmente las evaluaciones de impacto ambiental, específicamente en nuestro país, se realizan a papel y lápiz por decirlo de alguna manera, dado que solo utilizan los equipos de cómputo para darles presentación a su trabajo (documento) o bien para hacer algunas simulaciones utilizando algunos modelos que se aplican en el área ambiental.

El tiempo promedio para realizar una evaluación de impacto ambiental es de dos a tres meses, según la complejidad del proyecto, esto nos da una idea de lo laborioso que es realizar un estudio de este tipo. Ahora si sumamos el tiempo que requieren las autoridades

para revisar la evaluación para poder dar un veredicto (se acepta o no) que es en promedio una semana, donde la cota mínima es un día y la cota máxima es de hasta 6 años (datos dados por gente que trabaja en el Instituto Nacional de Ecología, INE).

¿Por qué tanto tiempo? Son muchas las razones que se pueden citar para responder a ésta pregunta. Algunas de ellas se deben a la complejidad para recopilar información ambiental de la zona donde se encuentra el proyecto y que muchas de las veces no se emplea cuando se evalúan los impactos ambientales. Pero la razón principal es que la persona que realiza la evaluación tiene su propia metodología para llevarla a cabo y las autoridades encargadas de revisarla tienen otras.

1.2.2 ¿Qué hace el sistema inteligente?

De tal forma en esta tesis se propone una herramienta que permite realizar evaluaciones de impacto ambiental de una forma más eficiente, por que el usuario solo tiene que alimentar datos fundamentales del proyecto y del medio ambiente implicado, que estén involucrados en la evaluación de impactos ambientales. El tiempo promedio requerido para recopilar esta información es mucho menor al requerido para realizar toda una evaluación de impacto ambiental.

Además, que el hecho de tener disponible ésta herramienta para las personas que realizan y revisan la evaluación de impacto ambiental les permite hablar el mismo lenguaje, ayudando enormemente a reducir el tiempo requerido para dar la resolución a los proyectos.

El criterio con que son evaluados los impactos ambientales son subjetivos, haciendo esto difícil de comprender los resultados de la evaluación a aquellas personas ajenas a quienes realizaron la evaluación.

El hecho de emplear un sistema basado en conocimiento (Sistema Experto) por sus características nos permite saber las causas por las que se determinó un valor (o respuesta), esto por que nosotros tenemos clara la estructura del conocimiento que se utiliza (base de conocimientos) así como la forma en que razona (método de razonamiento o inferencia). Cosa que no se puede hacer con humanos cuando nos dan una respuesta a un problema, esto por que muchas veces existe lo que llamamos sentido común.

La predicción cuantificada de la magnitud de impactos, es una tarea que debe ser desarrollada por especialistas en el factor ambiental que se está evaluando. De aquí la necesidad de emplear un sistema basado en conocimiento (Sistema Experto) para capturar el conocimiento necesario con diferentes especialistas, en los diversos factores ambientales con los que se encuentra durante una evaluación para poder determinar la magnitud de los impactos.

Parte de este sistema está desarrollado sobre un manejador de bases de datos (herramienta para construir un sistema de información) de tal forma que se pueden extraer un sin fin de reportes de la información alimentada por el usuario, por ejemplo para un proyecto: impacto ambiental desglosado por fases (construcción, operación y desalojo), factores

ambientales con mayor impacto por fase o por tipo de medio ambiente (aire, agua, etc.), acciones que causan mayor impacto (clasificadas de diferentes formas), etc. etc.

Esto es de gran ayuda para dar el seguimiento a los proyectos, como para determinar las medidas de mitigación para los impactos ambientales.

Este sistema ha sido desarrollado con una interfaz fácil de manejar con simples menús y botones que agilizan su empleo. Evitando que el usuario tenga que recibir cursos de capacitación de muchas horas.

1.3 Estado del arte

Trabajos hechos cercanos a lo que se presenta, existen una gran cantidad de sistemas expertos diseñados para realizar evaluaciones de impacto ambiental. Las características de éstos sistemas expertos es que han sido diseñados para ser utilizados en proyectos muy específicos siendo su campo de aplicación muy reducido. Por ejemplo se puede consultar el proyecto USV [5], EXDAMS y JESEIA [6].

A continuación se describen los trabajos cercanos a nuestro sistema:

Algo prometedor es el sistema experto *Calix* que fue desarrollado por la empresa canadiense ESSA, Co. Este sistema lo adquirió el INE (Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP). Utiliza la modelación por escenarios y realiza una evaluación cualitativa de los impactos ambientales por que aplica criterios muy subjetivos (valores como falso, verdadero). El sistema *Calix* no tuvo el éxito esperado por los usuarios: por ser un sistema hecho para satisfacer las necesidades canadienses, por la mala traducción de términos en el sistema, demasiada información requerida para poder obtener resultados (sólo cualitativos) y la complejidad de manejo por parte de los evaluadores de impacto ambiental, que tardaban más tiempo utilizando el sistema que hacer la evaluación en forma manual. Y principalmente por que la relación entre usuarios y desarrolladores fue indirecta, sin preocuparse por las necesidades de los usuarios.

En el funcionamiento del sistema *Calix*, como entrada para un proyecto en particular consiste en describir el escenario del proyecto dando todos sus componentes (flora, fauna, suelo, etc.) y las actividades que se desarrollan para el proyecto. También definir las relaciones entre los mismos componentes, actividades y valores (cualitativos) que toman los componentes y actividades para un proyecto. Y como resultado este sistema da una lista de impactos primarios y secundarios, a cada impacto se muestra una lista de medidas de mitigación asociada a los impactos de tal forma que el usuario asigna una medida de mitigación. Este sistema también utiliza una base de datos (en MsAccess) donde ya tienen una biblioteca de componentes y actividades, que no puede ser modificada. Lo único que puede agregarse, son las medidas de mitigación para los impactos identificados por el sistema. Tampoco se tiene acceso a la base de conocimientos que utiliza el sistema ni la metodología empleada (o método de evaluación de impactos) para determinar los impactos existentes, por lo que se desconoce por que determina la mayor parte de los impactos, siendo esto importante para los evaluadores para validar los resultados del sistema.

Entre las virtudes que da el sistema *Calix* están los impactos secundarios, que resultan de la interacción de los componentes ambientales, que dentro del sistema se definen como un conjunto (setting). Los impactos secundarios, son realmente los que ayudan a los evaluadores por que los impactos primarios son obtenidos por cualquier método clásico de evaluación: matriz, listas, etc. Otra de las virtudes es que permite definir varios conjuntos (settings) y emplearlos en diferentes proyectos, de tal forma que cuando se evalúe un proyecto nuevo ya se disponga del conjunto de componentes ambientales y solo se complete el escenario definiendo las actividades, así como también la relación de actividades y componentes.

También tenemos el EEIA (An Expert System for Environmental Impact Evaluation) [18], este sistema experto utiliza los métodos de Leopold y Battelle en la identificación de impactos ambientales. La parte fuerte de este trabajo consiste en que dados los factores ambientales a ser impactados y las acciones impactantes, el sistema emplea una red neuronal artificial (tipo backpropagation) para sugerir los impactos, es decir determinar que interacciones causan impactos. Para esto la red neuronal fue entrenada con 150 casos, los resultados no fueron satisfactorios por los pocos casos considerados para el entrenamiento de la red neuronal, por ser un trabajo hecho fuertemente por gente del área de computación, no se muestran resultados que indiquen si fue correcta la evaluación de impactos para las interacciones identificadas por EEIA, tomando en cuenta que el llevar a cabo una evaluación cuantitativa de impactos no es trivial. Enfocándose sólo a los resultados dados por la red neuronal.

Finalmente tenemos el sistema SEGARE (Un sistema experto para la generación automática de resoluciones de manifestaciones de impacto ambiental). [20] El SEGARE forma parte del SAD (Sistema de Apoyo de Decisiones) como una herramienta computacional de apoyo a los evaluadores, el SAD es un sistema que actualmente sigue desarrollando la DGOEIA (Dirección general de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental) del INE (Instituto Nacional de Ecología).

Un documento resolutivo es un instrumento legal con el cuál el INE emite la autorización en materia de impacto ambiental sobre los proyectos que pueden afectar ecológicamente el ambiente. El SEGARE no genera un documento resolutivo final, sino sólo un documento con las partes principales y ciertos considerandos. Entre una de las ventajas del SEGARE se menciona: permitir a los evaluadores se concentren en el proceso de evaluación. Esto es por que el proceso de evaluación se hace en forma manual, donde cada evaluador utiliza su propia estrategia de evaluación. Otra ventaja que se menciona es que se pretende homogeneizar el criterio de evaluación. Sin embargo, homogeneizar el criterio de evaluación sólo se puede lograr desde el proceso de evaluación.

El sistema SEGARE sólo contiene información para resolver problemas para los proceso de líneas de transmisión y sub-estaciones eléctricas (de la Comisión Federal de Electricidad, CFE) y para el proceso de ductos (de Petróleos Mexicanos, PEMEX).

Capítulo 2

Evaluación de Impacto Ambiental

2 Evaluación de Impacto Ambiental.

En este capítulo se describe el área de aplicación del sistema inteligente, así como la problemática alrededor de ella.

Se muestra en forma general como se desarrolla una evaluación de impacto ambiental y la metodología a seguir para realizar una evaluación de impacto ambiental.

2.1 ¿Qué es la evaluación de impacto ambiental?

La *Evaluación de Impacto Ambiental*, mejor conocida por sus siglas **EIA**, es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un **proyecto** o una actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Públicas competentes.

Por medio ambiente se entiende como el entorno vital; el conjunto de factores físicos, naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en la que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia [4].

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración favorable o desfavorable en el medio ambiente o en alguno de sus componentes, esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales.

2.2 Origen de la Evaluación de Impacto Ambiental.

La EIA surge de la necesidad de cuidar la naturaleza del paso del desarrollo tecnológico del hombre, sin duda alguna la existencia de esta preocupación ha estado desde mucho tiempo atrás. Sin embargo la primera ley en este ámbito se remonta al año de 1969 en los Estados Unidos (USA) cuando surge la NEPA (National Environmental Policy Act).

Posterior a la NEPA empezaron a surgir diferentes procedimientos para realizar EIA en países industrializados como: Canadá (1973), Australia (1974) y Japón (1984) principalmente.

En México la EIA surge como parte de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en el año de 1985 publicada en el Diario oficial de la federación.

2.3 Desarrollo de una Evaluación de Impacto Ambiental.

El documento que contiene la EIA en México se le conoce como manifestación de impacto ambiental (**MEIA**), en otros países simplemente EIA.

Para desarrollar una MEIA es necesario saber si la MEIA es de competencia Federal, Estatal o Municipal; para esto se recurre a la LGEEPA donde especifica las condiciones en las que se debe encontrar el proyecto para dictaminar la competencia del mismo.

Independientemente del formato requerido para presentar una MEIA, dado que con el tiempo está cambiando su estructura, así como sin importar la competencia del proyecto (federal, estatal o municipal), la parte medular del desarrollo de la MEIA puede describirse en los siguientes pasos:

Primero: El tipo de proyecto a evaluar y la ubicación geográfica del proyecto, es importante saber si la zona donde se piensa desarrollar el proyecto es una zona protegida o no. Las zonas protegidas (legisladas) a nivel federal en México están determinadas por el INE (Instituto Nacional de Ecología, <http://www.ine.gob.mx>), además los gobiernos estatales y municipales tienen la facultad para decretar un área natural protegida dentro de las áreas de su competencia. Por otro lado la CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, <http://www.conabio.gob.mx>) determina aquellas áreas prioritarias para su conservación (no legisla), independientemente de si el área es de competencia federal, estatal o municipal.

Segundo: Determinar y describir los factores ambientales (físicos, biológicos y socioeconómicos) que describen el ambiente. Sin embargo aquí se pueden describir factores que no se verían impactados o bien se omitirían factores que posiblemente pueden sufrir algún impacto. Si bien el objetivo de la MEIA, según la DGOEIA es cuantificar los impactos ambientales y encontrar las medidas para disminuir los impactos. Lo conveniente sería describir los factores ambientales que pueden ser impactados por el proyecto, directamente e indirectamente.

Tercero: Evaluación e interpretación de los impactos ambientales, sobre los factores ambientales identificados en el paso anterior. Esta etapa es la medular dentro de la MEIA y que sin embargo no existe una metodología determinada por las autoridades quienes se encargan de realizar las revisiones de las MEIA. Por tal motivo el llevar a cabo y presentar la evaluación de impactos es muy personal e inclusive la valoración de impactos se vuelve subjetiva. En la actualidad existe una gran cantidad de técnicas y métodos para realizar la evaluación de impactos [3,4], se pueden mencionar: matrices de causa efecto (Leopold), CNYRPAB, Bereano, Sonrensen, Holmes, Hill-Schechter, Batelle-Columbus, etc. etc. Además que existe una buena cantidad de metodologías que combinan métodos existentes o sugieren nuevos métodos.

Cuarto: Determinar las medidas de mitigación para los impactos ambientales. El determinar las medidas de mitigación se hace para aquellos impactos que sobrepasan las normas existentes que rigen los factores ambientales o bien para disminuir el impacto ambiental sobre los factores ambientales más afectados. Tomando en cuenta que la mayoría de los factores ambientales no tienen normas, es común determinar una unidad de medida para los factores ambientales a juicio de uno o varios expertos en el área (basándose en experiencia previa) con el fin de poder determinar los escenarios (interpretación) del factor ambiental impactado con y sin la(s) medida(s) de mitigación, que de una forma u otra involucra hacer una evaluación de la(s) medida(s).

Una vez realizados estos pasos podemos decir que se ha hecho la parte fundamental de una MEIA, lo demás es básicamente la forma de presentar la manifestación a las autoridades para que den el veredicto del estudio realizado (es decir si es viable o no).

Lo que se refiere al veredicto de la implantación de un proyecto, tiene que ver con la forma en que se presente la MEIA. En la actualidad se dan casos en donde algunas de las empresas consultoras contratadas para realizar estos estudios de impacto ambiental inventan datos e incluso no visitan el lugar donde se efectuará el proyecto, y que resulta difícil detectar estos casos por la gran cantidad de información que tienen que analizar las autoridades y tal vez la falta de presupuesto para poder visitar los sitios donde se realizan cada uno de los proyectos a evaluar. Siendo así que muchas veces el veredicto de un proyecto se basa en supuestos datos y juicio (o intuición) de las autoridades. Estas son algunas de las problemáticas que se discuten a menudo entorno a las EIA por gente involucrada en el área [1].

2.4 ¿Dónde se emplea el Sistema inteligente?

En la sección anterior (sección 2.3) se describió todo el proceso de desarrollo de una MEIA en México.

El sistema inteligente que se ha desarrollado se aplica en el tercer paso de la sección 2.3 que corresponde a la evaluación e interpretación de impactos, parte crítica y medular en el desarrollo de una MEIA. Que además es la parte común en el desarrollo de una MEIA en otros países.

De aquí en adelante cuando hablemos de EIA nos referiremos al tercer paso únicamente, por ser la parte más importante en el desarrollo de una MEIA.

Para realizar una EIA existen más de 70 metodologías y sólo se han utilizado alrededor de 15 [22]. La mayoría basadas en una evaluación cualitativa. Siendo las más comunes y usadas: Listas de chequeo, matrices de Leopold, redes de interacción, juicio de expertos, comparación de escenarios, modelos conceptuales, encuestas, etc. [4],[22].

Las dependencias gubernamentales no especifican una metodología. Por tal motivo las evaluaciones se vuelven subjetivas y en algunos casos carecen de veracidad

¿Por qué hay tantas metodologías y sólo se usan algunas? Principalmente se debe a que la mayoría o son complejas o incompletas.

Una vez explicado el contexto del área de aplicación del sistema, a continuación se muestra la metodología a seguir en este trabajo para realizar la EIA.

2.5 Metodología a seguir

La Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental de V. Conesa Fernández [4] se basa principalmente en el método de matrices causa-efecto (Figura 2.1) , derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos y del método del Instituto **Batelle-Columbus**

con resultados cuantitativos (Figura 2.3) que consiste de un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en los renglones los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

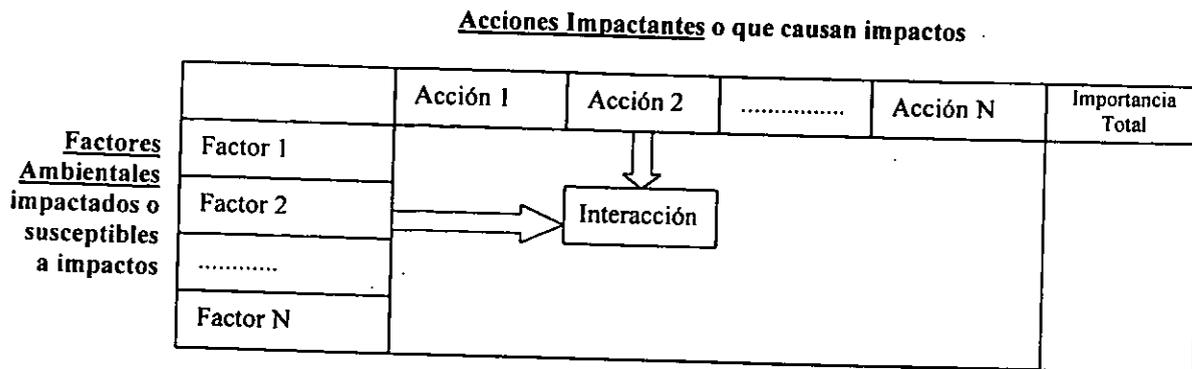


Figura 2.1, Factores ambientales y acciones de impacto.

En la matriz de la figura 2.1, a la relación entre un factor y una acción que causa un impacto le llamaremos **interacción**. Es importante resaltar que no en todas las relaciones entre los factores y acciones se dan interacciones. Sólo serán de nuestro interés las relaciones donde existe alguna interacción.

Los factores ambientales tienen asociado el atributo tipo de ambiente o medio (aire, agua, suelo, etc.), que permite clasificarlos. A las acciones de impacto también se les asocia un atributo que determina la fase (construcción, operación y abandono) en la que se aplica la acción.

No sólo se da la interacción entre un factor ambiental y una acción impactante, sino que también ocurre la interacción entre un factor ambiental y una medida de mitigación, esto por que una medida de mitigación es una acción mitigadora (o de impacto positivo), lo cuál veremos más adelante en la sección 2.5.2.3.

Para cada interacción en la sección 2.5.1 y 2.5.2 se describe la evaluación cualitativa y cuantitativa respectivamente. En la sección 2.6 se habla acerca de los impactos directos e indirectos que no cubre la metodología de Conesa [4].

2.5.1 Evaluación Cualitativa

Lo que se refiere a la valoración cualitativa de los impactos, consiste en determinar la importancia en cada interacción en la matriz de impactos (Figura 2.1) a partir de los atributos: signo, intensidad, extensión, momento, persistencia y reversibilidad.

De aquí podemos obtener los factores con mayor importancia o bien las acciones con mayor importancia. Interacciones con efectos permanentes, irreversibles, etc.

2.5.1.1 Importancia

De la figura 2.2 el signo, intensidad, extensión, momento, persistencia y reversibilidad se emplean para obtener la medida de importancia de una acción sobre un factor ambiental (no la importancia del factor afectado). La importancia toma valores entre 8 y 100 considerando signo positivo. La importancia se obtiene para cada interacción de la Figura 2.1.

SIGNO (S) Impacto beneficioso +1 Impacto perjudicial -1		INTENSIDAD (I) (Destrucción) Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy Alta 8 Total 16 Factor 3	
EXTENSIÓN (E) (Área de influencia) Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Total 8 Crítico ≤8 Factor 2		MOMENTO (M) (Tiempo en que aparece el impacto) Largo plazo 1 Medio plazo 2 Inmediato 4 Crítico (+1,+4) Factor 1	
PERSISTENCIA (P) (Permanencia del impacto) Fugaz 1 Temporal 2 Pertinaz 4 Permanente 8 Factor 1		REVERSIBILIDAD (R) (Reconstrucción) Corto plazo 1 Medio plazo 2 Largo plazo 4 Irreversible 8 Irrecuperable 20 Factor 1	
IMPORTANCIA $S (3I + 2E + M + P + R)$			

Figura 2.2

2.5.1.2 Signo

En lo que se refiere al signo es sólo para distinguir los impactos beneficiosos de los perjudiciales. Las acciones impactantes que se muestran en la figura 2.1 son perjudiciales (signo negativo), las no perjudiciales no se listan pues no causan impactos. Y un beneficioso es cuando se introducen medidas de mitigación (otras acciones) que se tratan más adelante, y que serán las que obtengan un signo positivo.

2.5.1.3 Intensidad

Este término refleja el grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El rango de valoración está comprendido entre 1 y 16, multiplicado por un factor de 3. Donde 16 indica una destrucción total del factor en el área en que se produce el efecto y 1 una afectación mínima.

2.5.1.4 Extensión

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción tiene un efecto muy localizado, se considerará que tiene un carácter Puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto teniendo una influencia generalizada será Total (8), considerando situaciones intermedias, según su graduación, como impacto Parcial (2) y Extenso (4). En caso de ser crítico (degradación paisajística, en centro urbano, etc.) y puntual se deberá asignar un valor próximo a 8.

2.5.1.4 Momento

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_i) sobre el factor considerado. Por lo tanto, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato; asignándole un valor de 4. Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 3 años, Medio plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de tres años es Largo plazo (1). Si hay alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto cabría atribuirle un valor de una unidad o cuatro unidades por encima de las especificadas.

2.5.1.6 Persistencia

Se refiere al tiempo que supuestamente permanecería el efecto a partir de su aparición. Si la duración es de menos de un año se dice que es Fugaz (1). Si la duración es entre 1 y 3 años, Temporal (2); entre 4 y 10 años, Pertinaz (4) y si el efecto tiene una duración superior a los diez años se considera Permanente (8).

2.5.1.7 Reversibilidad

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la acción, por medios naturales. Por lo que tenemos que si es a Corto plazo (1), Medio plazo (4), Largo plazo (3) e Irreversible (8).

2.5.2 Evaluación Cuantitativa

Siguiendo la metodología como parte de la evaluación cuantitativa se consideran las etapas: *predicción, valoración, corrección e impacto final* (descritas en las secciones 2.5.2.1, 2.5.2.2, 2.5.2.3 y 2.5.2.4 respectivamente). Las etapas se muestran en la parte superior de la Figura 2.3.

			Predicción			Valoración				Corrección						Impacto Final				
ACC I Ó N	ACC I Ó N	IMP ORTANC IA	IND ICADOR	UN IDAD	MAGN ITUD	TR ANSFORM ACIÓN	MAGN ITUD	VALOR	COEF POND ERACIÓN	IMPACTO TOTAL	MEDIDA	MEDIDA	IMP ORTANC IA	MAGN ITUD	MAGN ITUD	VALOR	IMPACTO TOTAL	COSTE	IMPACTO FINAL	SISTEMA ALERTA
Factor 1																				
Factor 2																				
.....																				
Factor N																				
Evaluación cualitativa			Evaluación cuantitativa																	

Figura 2.3 Evaluación cualitativa y evaluación cuantitativa

2.5.2.1 Predicción

La magnitud de un impacto ambiental considerando la realización del proyecto, en realidad lo que se está haciendo es una predicción, dado que no ha sido implantado aún.

La magnitud se da en la unidad de medida (UNIDAD) que empleará el factor ambiental involucrado de acuerdo a un indicador asociado a él (INDICADOR). Por lo general la magnitud para el caso en que no se lleve a cabo el proyecto, cuando no se está ejecutando una acción impactante, es nula o corresponde a la escala más baja de la unidad de medida a emplear.

Para obtener la magnitud en cada interacción considerando el proyecto, es decir que se ejecuta la acción que causa el impacto, se requiere de especialistas en el factor ambiental en cuestión. Los especialistas conocen una diversidad de variables que dependen del factor ambiental, acciones del proyecto y la forma en que interactúan para poder cuantificar, todo en base a su experiencia en el desarrollo de evaluaciones de impacto ambiental. En esta etapa de la evaluación es donde entra el Sistema Inteligente asociando **un sistema experto** a cada interacción, como se muestra en la Figura 2.4, para poder determinar la magnitud del impacto.

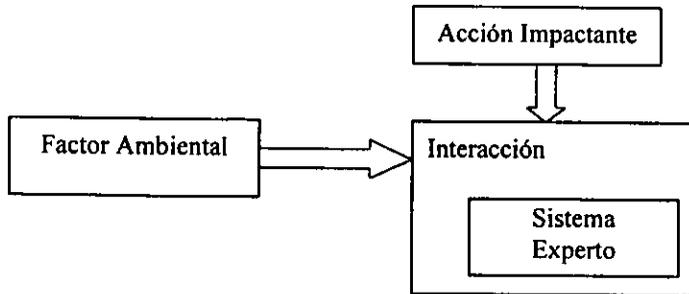


Figura 2.4 Un experto por cada interacción

La magnitud de estos impactos, en cada interacción, están dadas en unidades heterogéneas. Sin posibilidad de comparación entre los diferentes factores ambientales (MAGNITUD INCONMENSURABLE). Las unidades en que son medidos dependerán de las normas existentes cuando las haya. Si no hay una norma asociada a un factor y no existe una unidad de medida que sea empleada por los especialistas, se recurre a determinar una unidad de medida propia (p.j bajo, medio, alto).

La magnitud total puede calcularse en base a la siguiente ecuación:

$$M_j = (\sum I_{ij} M_{ij}) / I_{max}$$

donde

- I_{ij} es la importancia de la interacción entre el factor j y la acción i
- M_{ij} es la magnitud de la interacción del factor j y la acción i
- I_{max} es la importancia máxima de las interacciones del factor j

En casos especiales de sinergismo, debilitamiento, etc., que no proceda la suma algebraica de M_{ij} se calcula M_j como resultado final M'_j de la composición de las M_{ij} según el método científico o técnico apropiado para cada factor ambiental. Posteriormente se pondera en función de la importancia en cada acción i sobre el factor j .

$$M_j = M'_j \sum I_{ij} / 100$$

2.5.2.2 Valoración

La valoración dentro de la EIA de alguna u otra forma se debe realizar en unidades homogéneas entre los diferentes factores ambientales con el fin de poder realizar la valoración global del proyecto. Es decir, el objetivo es referir todos los impactos a una unidad de medida común a la que se le domina unidad de impacto ambiental.

Esta transformación es una de las fases más complejas y que requiere un desarrollo en la investigación de efectos. Para esto aplicamos una función de transformación a la magnitud total del impacto, para un factor ambiental, y obtener así el índice de calidad ambiental (CA).

Función de transformación (Magnitud total del impacto) = Calidad ambiental

El índice de calidad ambiental (CA) toma valores entre 0 y 1, donde el valor óptimo es 1 y 0 el más desfavorable, ver apéndice en [4].

El resultado de aplicar la función de transformación a un factor ambiental, es decir CA, es lo que llamaremos magnitud en unidades conmensurables (MAGNITUD CONMENS, en la Figura 2.3).

El valor del impacto sobre un factor determinado (VALOR en la Figura 2.3, para la etapa de valoración) se traslada a una escala de 0 a 1 de manera que a cada factor le corresponde una importancia de I_j / I_{max} , siendo I_{max} el máximo valor de la importancia para la columna IMPORTANCIA TOTAL, en la evaluación cualitativa (Figura 2.3). Teniendo así:

$$V_j = (I_j / I_{max} M_j^2)^{1/3} \text{ donde } V_j \text{ adopta el signo de } M_j \text{ que es la magnitud conmensurable}$$

como el valor total del impacto V_j sufrido por cada factor j , del medio, consecuencia del conjunto de las acciones del proyecto.

Considerando que cada factor representa sólo una parte del Medio Ambiente, es importante disponer de un mecanismo a partir del cuál todos ellos se puedan contemplar en conjunto, y además ofrezcan una imagen coherente de la situación al hacerlo. Hay que reflejar la importancia relativa entre unos factores y otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del Medio Ambiente.

Con este fin se atribuye a cada factor ambiental un peso o índice ponderal (COEF PONDERACIÓN, en la Figura 2.3), expresado en "unidades de importancia" (UIP) y el valor asignado a cada factor resulta de la distribución relativa de mil unidades asignadas al total de factores ambientales. La metodología para ponderar los distintos factores se basa en consultas o paneles de expertos, realizadas mediante encuestas tipo Delphi [4].

El total en esta etapa es el resultado del valor del impacto multiplicado por el coeficiente de ponderación, para cada factor ambiental. Sumando de forma ponderada el valor obtenido por los diferentes factores obtendremos el impacto sobre los componentes ambientales, o

categorías ambientales y el total del proyecto, los valores del total se encontrarán en el rango de ± 1000 Unidades Ambientales (UA).

2.5.2.3 Corrección

Lo que se refiere a la etapa de corrección es básicamente la introducción de medidas mitigadoras al proyecto (MEDIDA 1, MEDIDA N; en la Figura 2.3). Como se puede ver en la Figura 2.3 cada medida de mitigación que se introduce es en realidad una acción más con un impacto beneficioso. Por lo tanto por ser una acción más, tenemos que hacer el mismo procedimiento hecho para las acciones impactantes, es decir cuantificarlo. Para esto determinamos la importancia (en lo que es la valoración cualitativa) y la magnitud en unidades inconmensurables y conmensurables (para la valoración cuantitativa).

Una vez hechas las etapas de predicción y valoración sobre las medidas de mitigación el siguiente paso es determinar el costo (COSTE en la Figura 2.3) de las medidas de mitigación por factor ambiental involucrado. Para determinar el costo (o coste) de las medidas se asignan niveles de acuerdo al costo de las medidas de mitigación es comparado con el costo de la inversión del proyecto:

- *Nivel 5*, si el costo de las medidas es superior al 20% de la inversión del proyecto.
- *Nivel 4*, si está entre el 20% y 10%
- *Nivel 3*, si está entre el 10% y 5%
- *Nivel 2*, si está entre el 5% y 1%
- *Nivel 1*, si es menor al 1%

2.5.2.4 Impacto final

El impacto final (IMPACTO FINAL en la Figura 2.3) del proyecto se determina por la suma del impacto total obtenido de la etapa de valoración y el impacto total de la etapa de corrección; esto para cada factor ambiental.

Los valores próximos a cero indican que la suma de los efectos sobre los diferentes factores queda automáticamente compensada, que coexisten con parecido valor ponderado, impactos positivos por un lado y negativos por el otro.

Esto habla de la bondad de los efectos positivos de ciertas acciones del proyecto, pero los negativos han de sufrir un proceso de detenido estudio, intentando su posible corrección. Que de hecho el identificar una acción impactante en teoría se debe mostrar un impacto negativo y una acción de mitigación un impacto positivo, pero cuando realmente se analizan los efectos de la acción sobre un factor ambiental observando las variables del medio ambiente y del proyecto no siempre sucede así; esto por la gran cantidad de información que hay que tomar en cuenta para determinar la magnitud, y por la cantidad de criterios con los que se puede evaluar.

Finalmente hay una columna de sistema de alerta (SISTEMA ALERTA en la Figura 2.3) que indica el acumulado de las banderas de alerta existentes en las interacciones con una

bandera de alerta activada, para cada factor ambiental. Esto permite dar un trato especial a aquellos factores que tienen una o varias banderas de alerta activadas.

2.6 Impactos ambientales directos e indirectos

Los impactos ambientales directos (o primarios) son los que obtenemos en la metodología descrita en la sección anterior (2.5), en cada interacción entre un factor ambiental y una acción impactante (acción del proyecto) podemos encontrar un impacto ambiental directo, quedando fuera del alcance de la metodología que se sigue en este trabajo los impactos indirectos (o secundarios) que se pueden generar por los impactos directos.

En este trabajo se incluye el manejo de impactos indirectos como una mejora a la metodología que se sigue para hacer más robusto el sistema inteligente.

Estos impactos indirectos se obtienen de la interacción que se da entre los mismos factores ambientales una vez que una actividad ha causado un impacto sobre uno o varios de ellos.

Por ejemplo si tenemos a los *pinos* como un factor ambiental a afectar y se da la actividad de tala de árboles (o desmonte), se presenta un impacto directo sobre los árboles pero a su vez puede causar un impacto indirecto en la *erosión del suelo*, siendo este último otro factor ambiental involucrado.

Para poder identificar los impactos indirectos, es necesario definir las interacciones que se pueden dar entre los factores ambientales involucrados, directa o indirectamente por el proyecto, como se muestra en la figura 2.5. Por que es común sólo tomar en cuenta los factores ambientales que pueden sufrir un impacto directo y pasar por alto los factores ambientales que pueden ser afectados indirectamente.

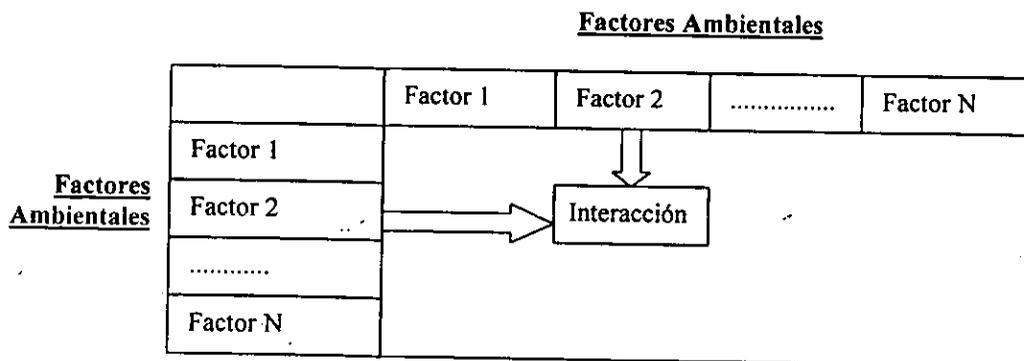
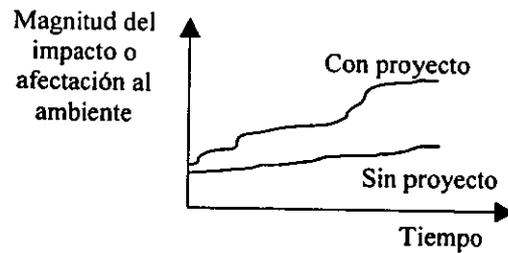


Figura 2.5 Interacción entre factores ambientales

2.7 Escenarios

Para la gente que trabaja con las ciencias ambientales, específicamente realizado EIA, el término escenario es un tanto ambiguo. Por que puede describirse como el conjunto de factores ambientales (o componentes ambientales) que describen una zona en particular. O bien como el conjunto de factores ambientales que describen la zona además considerando las actividades o acciones del proyecto en la zona descrita.

También suele llamarle escenario a la gráfica que muestra la magnitud de un impacto ambiental considerando la ejecución del proyecto (predicción) y la no ejecución del proyecto (estado actual) a lo largo del tiempo, como se muestra en la siguiente gráfica:



Capítulo 3

Sistemas Inteligentes

3 Sistemas Inteligentes

El objetivo de este capítulo es mostrar el contexto, en el área de la Inteligencia Artificial (IA), sobre el cuál se ha desarrollado este trabajo. Profundizando un poco en el área de los Sistemas Expertos.

Para describir el contexto primero contestaré la pregunta ¿Por qué el título: "Sistema Inteligente para realizar Evaluaciones de Impacto Ambiental"? El título como en cualquier trabajo, tiene mucho que ver con el gusto de la persona que lo desarrolla obviamente teniendo en cuenta las herramientas o técnicas empleadas. Se emplea Sistema Inteligente por que se está desarrollando el sistema empleando técnicas de Inteligencia Artificial (Sistemas Expertos), pero bien se puede cambiar la parte del título "Sistema Inteligente" por "Sistema Experto" o bien por "Sistema Híbrido Inteligente" dado que se emplea una técnica de la IA conjuntamente con técnicas convencionales (Bases de Datos, BD; Programación Orientada a Objetos, POO) [7].

Los sistemas basados en conocimiento (Knowledge Based Systems, KBS) se relacionan de una forma u otra con la epistemología, un área de la Filosofía, que persigue un objetivo común, que es la representación, entendimiento y manejo del conocimiento humano.

En el desarrollo de sistemas inteligentes o bien sistemas basados en conocimiento se puede hablar de una gran diversidad de formas de representación de conocimiento: reglas de producción, redes semánticas, guiones, marcos (frames), lógica de predicados (con reglas lógicas), etc. etc. [8], [9]. Mecanismos y métodos de razonamiento (inferencia) como razonamiento basado en casos [10], hacia delante (forward-chaining), hacia delante (o basado en metas, backward-chaining), probabilístico (redes bayesianas) [11] entre otros.

Actualmente hay una gran cantidad de trabajos en ésta área, se hacen mejoras a lo que existe alrededor de los diferentes métodos de representación de conocimiento y estrategias para hacer razonamiento, de los que sobresalen: razonamiento basado en casos, razonamiento difuso o borroso (fuzzy) , etc. También se encuentran metodologías para el desarrollo de sistemas inteligentes y una gran cantidad de aplicaciones [12].

Los sistemas inteligentes actualmente emplean representación simbólica (Newell, precursor de ésta corriente), causa que hace que los métodos de representación existentes sean aplicados a problemas muy específicos. Alrededor de ésta área hay trabajos en el área de robótica reactiva, computación biológica entre otras, que siguen otros paradigmas en la constante lucha por el manejo del conocimiento humano [12].

3.1 Sistemas Expertos (SE)

Considerados como una sub-área de los KBS actualmente por la gente que trabaja en el área de la IA [12], por que bien cuando surgen los primeros sistemas expertos: Mycin (1976) y Dendral (1980) [9] no se habla de los KBS.

Los SE han sido los sistemas más exitosos en el área de la IA, algunos especialistas del área dicen "han sido los caballos de batalla de la IA". Aunque se han reportado grandes pérdidas en proyectos que involucran sistemas expertos (KBS) (ver Risk Inside-Out, Cairó [12]).

3.1.1 Definición de SE

Sistema Informático que emplea el conocimiento humano que ha sido capturado en una computadora, y que resuelve problemas que ordinariamente requieren de experticia humana.

Otras definiciones se pueden ver en [5], [14-17] que son libros clásicos en la literatura de los Sistemas Expertos.

3.1.2 Características

Un sistema experto es un programa complejo y multiforme, que presenta diferentes funcionalidades: resolución a un problema planteado; la adquisición, modificación y la actualización del conocimiento; la explicación del camino que utiliza el SE para resolver el problema; conexión con sistemas exteriores; la interfaz con el usuario final; si da lugar, con el proceso físico controlado por el SE.

Ventajas: Mayor productividad que expertos humanos, mejor calidad de desempeño, reducción de tiempos; captura de conocimiento escaso y reproducible, flexibilidad de actualizar su conocimiento, facilidad de operación, disponibilidad 24 horas y mucho más beneficios que proporcionan los sistemas informáticos.

Desventajas: El conocimiento no siempre está disponible, la experiencia es difícil de extraer, los diferentes métodos seguidos por expertos pueden ser diferentes y sin embargo correctos, los usuarios tienen límites cognitivos limitados, trabajan bien en áreas a veces muy reducidas y la mayoría de los expertos no pueden explicar sus conclusiones.

3.1.3 Arquitectura

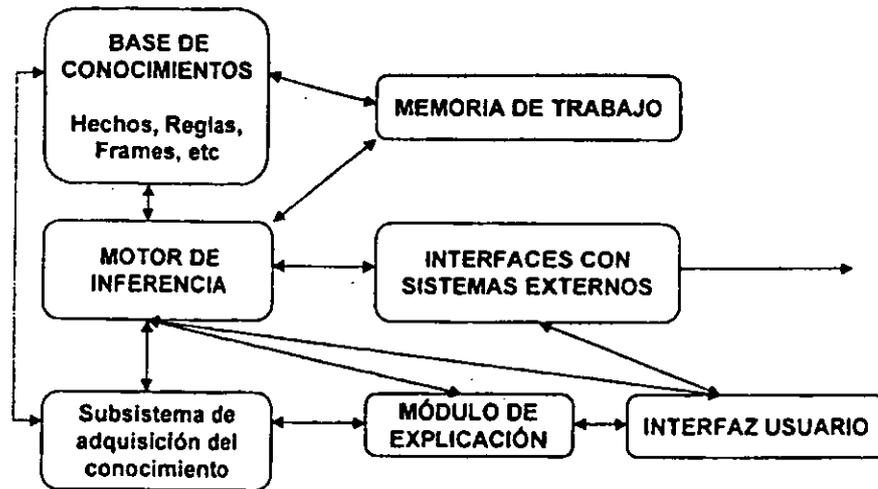


Figura 3.1 Arquitectura general de un Sistema Experto

La base de conocimientos puede ser representada por reglas, marcos (frames), redes semánticas, etc. En nuestro trabajo se emplean reglas de producción. Las reglas de producción tienen la forma general:

Si <condición> Entonces <acción>

Por ejemplo una base de conocimientos muy simple para predecir lluvias puede ser formado por las siguientes reglas:

- *Si está nublado y hay viento Entonces Hay posibilidades de lluvia*
- *Si el día está soleado y no hay viento Entonces No hay posibilidades de lluvia*

Lo que se tendría que alimentar al sistema es si el día está nublado, soleado o si hay viento, dando como resultado si hay o no posibilidad de lluvia.

Dependiendo de la complejidad del sistema se pueden tener bases de conocimiento de cientos de reglas [5], [14-17].

Aquí es importante hacer notar que cuando se habla de reglas de producción no hablamos de reglas lógicas, donde los atributos/variables que se emplean en las reglas sólo pueden tomar valores falso/verdadero para el caso de reglas lógicas. Si hablamos de reglas de producción los atributos/variables pueden tomar cualquier valor, esto según se requiera. Por ejemplo para una de las conclusiones (atributo) de las reglas de producción anteriormente descrita: *Hay posibilidades de lluvia*, aquí podemos tener valores asociados como un simple falso/verdadero o bien los siguientes valores: *pocas posibilidades, sin posibilidades, muchas posibilidades, etc.*

La **memoria de trabajo** permite almacenar la información que es suministrada por el usuario y el resultado de las reglas (conclusiones) que puede ser usado como condición en otras. Por ejemplo en las dadas anteriormente si el usuario responde que está nublado, éste valor se almacena en la memoria de trabajo; si posteriormente responde que hace viento se almacena en la memoria de trabajo que hace viento. Como cumple con las condiciones el motor de inferencia dispara la primera regla y registra la conclusión en la memoria de trabajo. Si hubiera una tercera que dice *Si Hay posibilidad de lluvia Entonces Llevar paraguas*, la conclusión en la memoria de trabajo es usada por el motor de inferencia y dispara la tercera y almacena en la memoria de trabajo que hay que llevar paraguas.

El **motor de inferencia** o máquina de inferencia es la encargada de manejar las reglas de la base de conocimiento. Es decir, actualizar la memoria de trabajo con la información proporcionada por la interfaz con sistemas externos y verificar que han sido disparadas (que fueron satisfechas sus condiciones) y almacenar sus conclusiones en la memoria de trabajo. El motor de inferencia básicamente se basa en dos principios de funcionamiento: hacia adelante o hacia atrás. El razonamiento hacia adelante o dirigido por datos primero revisa las condiciones y obtiene las conclusiones, para el ejemplo anterior lo primero que se tendría que dar al motor de inferencia sería el valor de uno de los atributos de las condiciones: si está nublado o si hace viento y después deducir la conclusión si hay posibilidad de lluvia revisando las reglas que contienen los atributos que tienen un valor asignado. El razonamiento hacia atrás o dirigido por metas primero revisa las conclusiones de las reglas y después las condiciones, por lo que es necesario primero alimentar una o varias metas, para el mismo ejemplo nuestra meta sería la posibilidad de lluvia; a partir de esta meta el motor de inferencia revisa las que tienen ésta meta en la conclusión y después verifica las condiciones. También existe el razonamiento compuesto por el razonamiento hacia atrás y hacia adelante, que es una mezcla de los dos razonamientos. O bien el motor de inferencia puede diferir mucho a los descritos si hablamos de una forma de representación de conocimiento diferente a las reglas de producción, como por ejemplo: redes neuronales, algoritmos genéticos, etc.

Las **interfaces con sistemas externos**, por ejemplo un sistema de información ligado al sistema experto (nuestro caso) o un sistema de control automático. Para realizar la interfaz entre un sistema externo y el SE debe haber un protocolo de comunicación, este dependerá de las herramientas de software empleadas por el sistema externo y las empleadas para el desarrollo del SE.

El **subsistema de adquisición del conocimiento** alimenta la base de conocimientos y define las características del motor de inferencia. Lo que se refiere a la adquisición de conocimientos es una de las partes críticas en el desarrollo de sistemas expertos, por la dificultad para extraer el conocimiento de expertos humanos, en donde existen una gran cantidad de metodologías para llevar a cabo ésta tarea [5], [13-17]. Lo más común y más fácil es realizar entrevistas con el experto, quién realiza ésta etapa de adquisición de conocimiento es el *ingeniero de conocimientos* en un área conocida como **ingeniería de conocimientos**, donde también hay algoritmos de inducción para construir la base de conocimientos, entre otros [13].

El **módulo de explicación** es el encargado de llevar una especie de bitácora de la información suministrada por el usuario y los resultados obtenidos por el motor de inferencia, con el objetivo de dar una explicación de la conclusión a la que se ha llegado. En esta parte es importante que el sistema experto tenga la capacidad de manejar casos en los que no haya una respuesta a los datos suministrados por el usuario, es decir tener la capacidad de decir "no hay solución" cuando no la haya.

La **interfaz con el usuario** es la que permite introducir la información al motor de inferencia para poder comenzar la ejecución del SE, que puede ser construida con menús de opciones, donde el objetivo es que sea de fácil manejo y comprensión por el usuario final del SE. Esta parte del SE es conocida como GUI (Graphical User Interface).

3.1.4 Herramientas de desarrollo

Existe una gran cantidad de herramientas de desarrollo, y casi todas recurren a la representación de conocimiento empleando reglas de producción con diferentes formas de razonamiento (hacia delante, hacia atrás o ambos).

La elección de una herramienta de desarrollo está ligada a las necesidades del proyecto que se pretende realizar. Algunas herramientas tienen interfaces con el usuario muy amigables, otras permiten conexiones con lenguajes de programación de alto nivel, otras permiten acceso a bases de datos, etc.

Entre las herramientas (o *shells*) más comunes se pueden mencionar: *Exsys*, *Level5*, *Expert Rule*, *CLIPS*, *Expert Blaze* (antes *Neuron data*), *M4*, entre muchos otros más. Disponibles algunos de ellos para diferentes plataformas: UNIX, Windows y Macintosh.

Es importante resaltar la importancia de emplear estas herramientas en el desarrollo de un sistema experto, dado que mucho de los fracasos de los sistemas expertos se dan por que se parte de cero, es decir desde definir una forma de representación de conocimiento nueva, construir (programar) el motor de inferencia hasta el desarrollo de herramientas para generar la interfaz. Esto por que el desarrollo de los elementos de un sistema experto no es una tarea fácil, y siempre se requiere del manejo eficiente de la base de conocimientos, motor de inferencia y la adquisición de conocimientos [5,13-17].

3.1.5 Metodología para el desarrollo de Sistemas Expertos

La función principal de esta metodología de desarrollo, es determinar el orden de las etapas o actividades involucradas y establecer criterios para pasar de una etapa a otra. Todas las actividades pueden ser o no llevadas a cabo, en diferente orden y profundidad, ello depende de la naturaleza de la aplicación [23],[24]

La Figura 3.2 incluye todas estas actividades agrupadas en seis etapas. Hay que indicar que este proceso no es lineal, ya que algunas actividades son realizadas al mismo tiempo.

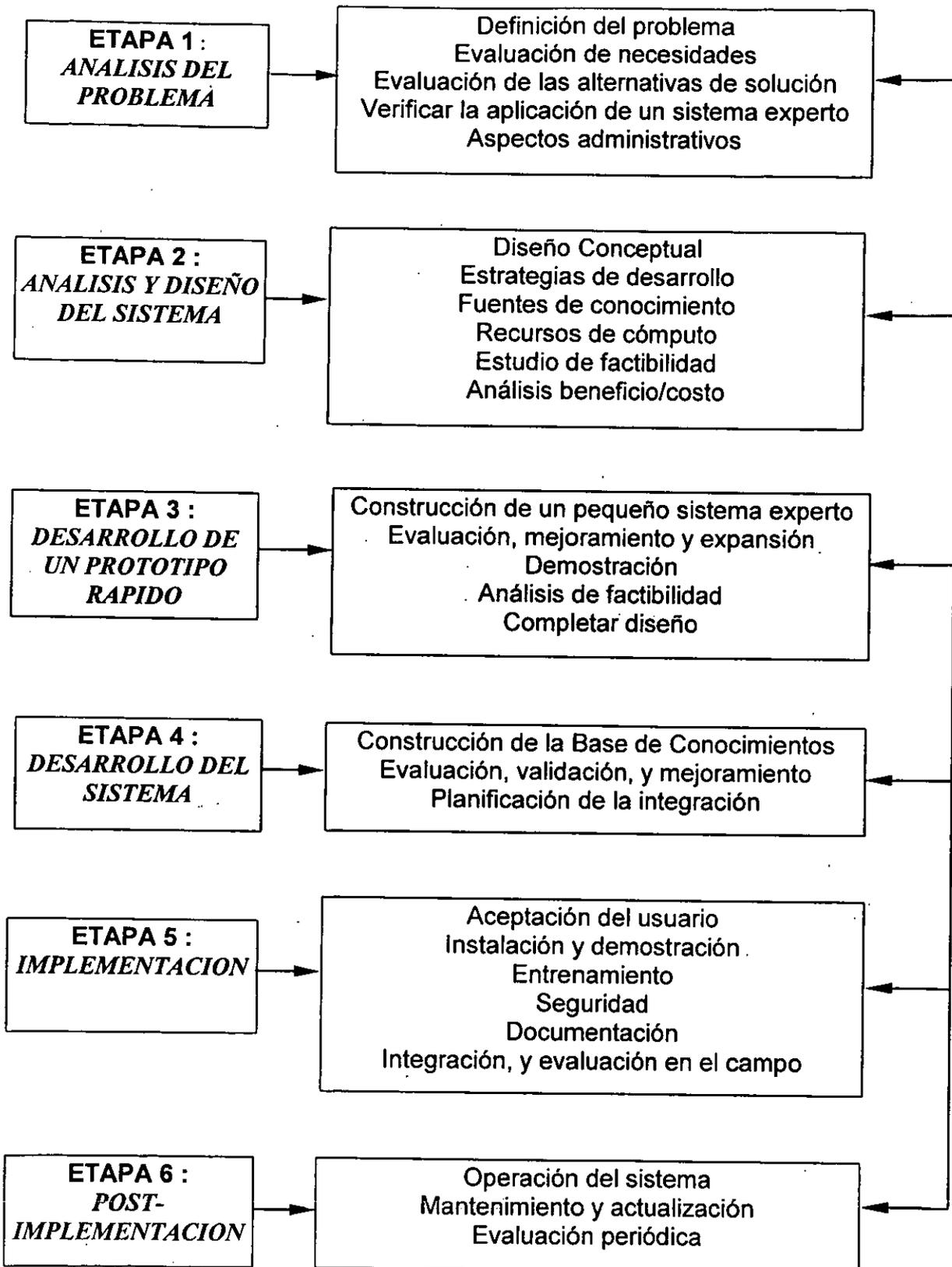


Figura 3.2 Proceso de Desarrollo de Sistemas Expertos

ETAPA 1 : ANALISIS DEL PROBLEMA

Encontrar un proyecto apropiado para desarrollar un sistema experto no es una tarea fácil. Docenas de factores deben tomarse en cuenta y muchos proyectos fracasan debido precisamente a un pobre análisis orientado hacia el usuario final (*front-end*).

a) Definición del problema y evaluación de necesidades

Una definición clara del problema simplifica realizar tareas adicionales de una manera significativa y ayuda a generar un programa productivo. Definir el problema es materia de responder algunas preguntas básicas :

- ¿Cuál es el problema específico ?,
- ¿Cuáles son las necesidades reales ?

Para un problema típico de negocios, puede ser la baja productividad, falta de conocimiento experto, información excesiva, problema de tiempo, o problema de personal. Para cualquier problema, escribir un informe o descripción (estado actual de cosas) claro y detallado, y proporcionar apoyo con información adicional en lo posible, ya que este informe debe servir como guía para establecer las especificaciones del sistema

Para comprender mejor el problema se debe llevar a cabo el estudio "*Análisis de Necesidades*".

b) Evaluación de las alternativas de solución

Antes de iniciar el desarrollo del sistema experto, se deben considerar alternativas de solución al problema. La falta de conocimiento es un problema que puede ser resuelto de diferentes formas, y no sólo con sistemas expertos. Hay que considerar que los sistemas expertos es una técnica más de un gran conjunto de posibilidades como programación lineal, optimización matemática, técnicas clásicas de ingeniería industrial, integración de sistemas, etc.

Se recomienda que los siguientes aspectos se analicen en esta fase del proceso de desarrollo :

- * Disponibilidad de expertos
- * Educación y entrenamiento
- * Paquetes de conocimiento
- * Software convencional.

c) Verificación de la aplicación de un sistema experto

El hecho de que otras alternativas no sean apropiadas para resolver un problema, no significa que un sistema experto es necesario. Para confirmar si siempre un sistema experto es apropiado al problema, se deben realizar tres estudios :

- * Requerimientos para el desarrollo del sistema experto
- * Justificación para desarrollar el sistema experto
- * Características del problema

d) Aspectos administrativos

Un proyecto de sistema experto no se inicia por sí mismo. Algunas veces se inicia debido a que hay una necesidad aguda, pero en la mayoría de veces, se inician debido a que alguien en la organización cree en las tecnologías de IA. Los aspectos administrativos que deben ser considerados cuando un proyecto de sistema experto es lanzado, son :

- * Disponibilidad de financiamiento
- * Disponibilidad de otros recursos
- * Limitaciones legales y otras restricciones
- * Venta del proyecto
- * Identificación del equipo y líder del proyecto

ETAPA 2 : ANALISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

Una vez que el proyecto de sistema experto ha pasado la primera etapa (aún no aprobado), se debe realizar un análisis detallado a fin de obtener la aprobación definitiva del proyecto.

a) Diseño conceptual

El diseño conceptual de un sistema experto es similar a realizar un croquis de la arquitectura de una casa. Este diseño no da una idea de como va a estar conformado el sistema experto y de como va a solucionar el problema. Generalmente es un diagrama de bloques modular, donde cada módulo o bloque representa a una o a un conjunto de funciones similares, acompañado de una descripción general y específica de las características del sistema experto a desarrollar.

Por lo tanto el diseño conceptual debe incluir :

- * las capacidades que tendrá el sistema experto,
- * las interfaces con otras aplicaciones,
- * las áreas de riesgo,
- * los recursos requeridos,
- * flujo de caja anticipado,
- * la composición del equipo de trabajo,
- * otra información necesaria.

b) Estrategia de desarrollo

Hay varias estrategias a seguir para el desarrollo de un sistema experto. Estas son :

- * Hágalo usted mismo.

- * Contratar a un diseñador externo.
- * Entrar a un equipo de aventura.
- * Fusionarse, adquirir, o ser accionista de una compañía de IA.

Algunas organizaciones usan una simple estrategia, mientras que otras usan varias de ellas.

c) Fuentes de conocimiento

Las diversas fuentes de conocimiento pueden ser categorizados en dos grupos :

- * **Conocimiento documentado (conocimiento público):** pueden ser libros, bases de datos, manuales, memos, reportes, microfichas, pinturas, videos, audio, etc.
- * **Conocimiento no documentado (conocimiento privado) :** se encuentra en la mente de los expertos humanos, quienes poseen conocimiento que es mucho más complejo que el encontrado en fuentes documentadas. Este conocimiento se basa en la experiencia del experto y en muchos casos pueden ser expresados en términos de heurísticas.

d) Selección de recursos de cómputo

Involucra decisiones acerca de hardware y software. Las alternativas son muchas y la selección de software depende del hardware, por lo cual tres aspectos deben ser analizados:

- * **Shells versus lenguajes:** Elegir que herramienta elegir, es una de las decisiones más importantes, y depende de varios factores como las capacidades de programación disponible *in-house* (programadores, lenguajes), tipo de computadora (para desarrollo y a nivel usuario), tiempo y fondos disponibles; y elegir entre usar un shell, un lenguaje de IA o un lenguaje convencional.
- * **Máquinas LISP versus computadoras estándares:** actualmente hay una tendencia a usar computadoras estándares en lugar de máquinas LISP.
- * **Ambientes mainframe y no-mainframe:** Un sistema experto puede proyectarse para una PC, estación de trabajo o una mainframe.

e) Analisis de factibilidad

Para realizar un análisis de factibilidad, se pueden considerar los siguientes elementos:

* **Factibilidad económica (financiera):**

- Costos de desarrollo del sistema
- Costos de mantenimiento
- Pagos anticipados
- Análisis de flujo de caja
- Análisis beneficio/costo
- Análisis de riesgo

*** Factibilidad técnica:**

- Requerimientos de interfaces
- Conectividad en redes
- Disponibilidad de conocimiento y datos
- Seguridad de conocimiento confidencial
- Esquema de representación del conocimiento
- Disponibilidad y compatibilidad de software y hardware

*** Factibilidad operativa e impactos:**

- Disponibilidad de recursos humanos y otros
- Prioridad en su comparación con otros proyectos
- Evaluación de necesidades
- Resultados organizacionales y de implementación
- Administración y apoyo al usuario
- Disponibilidad de expertos e ingenieros del conocimiento
- Limitaciones legales y otras restricciones
- Cultura corporativa y Ambiente del usuario

f) Análisis Beneficio/Costo

El desarrollo de un sistema experto puede ser visto como una alternativa de inversión, por lo cual se debe mostrar las ventajas sobre otras inversiones incluyendo la alternativa de "no hacerlo". La implementación efectiva puede depender de la capacidad de demostrar tales ventajas.

Este análisis es una comparación entre los costos con los beneficios anticipados, pueden emplearse otros criterios para demostrar factibilidad financiera, como: periodo de recuperación, VPN y el criterio de la TIR.

*** Evaluación de costos:**

Incluyen tiempo de los ingenieros del conocimiento, expertos, programadores, consultorías externas al proyecto o equipo de desarrollo, licencias de las herramientas para desarrollo y producto final (Runtime), equipo de cómputo para desarrollo y utilización, costos indirectos, costos estimados de mantenimiento, etc.

*** Evaluación de beneficios:**

La evaluación de los beneficios es complicada debido a: (1) algunos beneficios son intangibles, (2) frecuentemente un beneficio no puede ser relacionado una causa simple o única, (3) los resultados de una acción pueden ocurrir después de un largo periodo de tiempo, (4) una valoración de los beneficios incluye la evaluación de la calidad y cantidad, (5) la multiplicidad de consecuencias nos formulan mayores problemas para la cuantificación.

ETAPA 3: DESARROLLO DEL PROTOTIPO RÁPIDO

Un prototipo se refiere a un pequeño sistema experto, el cual incluye la representación del conocimiento capturado de una manera tal que permita dar inferencias rápidas y la creación de los componentes principales del sistema experto. Un prototipo con un número pequeño de reglas puede ser suficiente para realizar consultas de manera limitada.

El prototipo ayuda al desarrollador a decidir sobre la estructura de la base de conocimiento, antes de consumir una gran cantidad de tiempo en la construcción de más reglas. La figura 3.3 muestra el proceso para desarrollar el prototipo rápido.

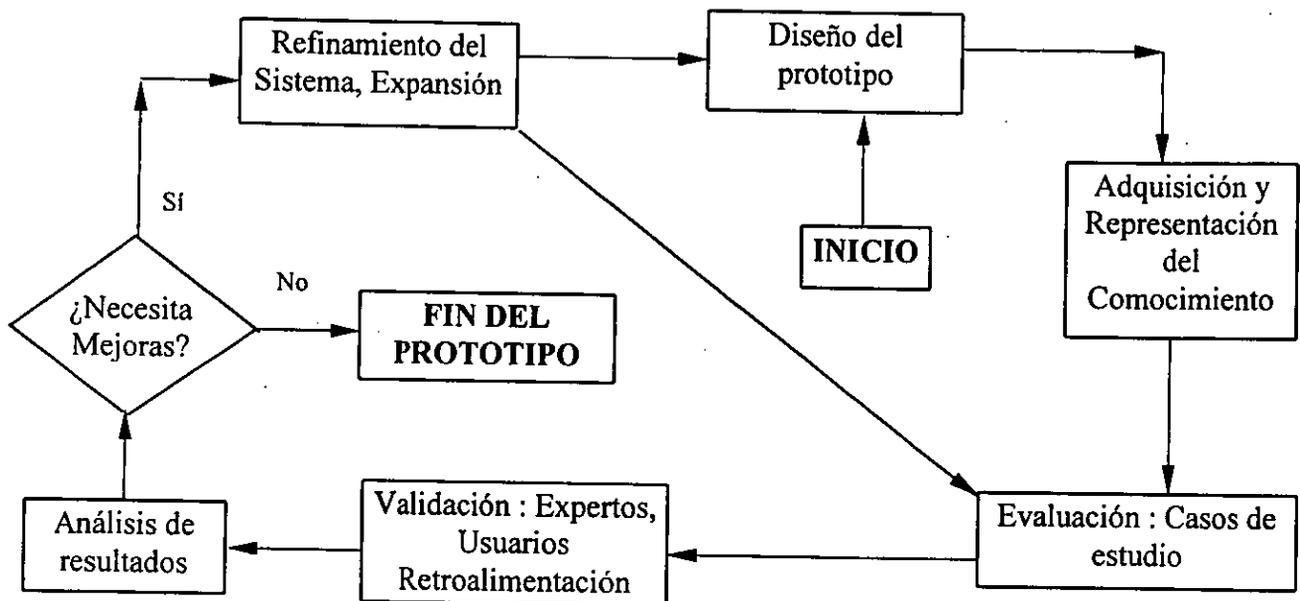


Figura 3.3 Proceso de desarrollo del Prototipo Rápido

ETAPA 4: DESARROLLO DEL SISTEMA

Una vez que el prototipo ha sido terminado y su manejo es satisfactorio, se inicia el desarrollo del sistema experto completo. Obviamente el plan debe ser hecho acerca de como continuar y completar con el prototipo, por ello en esta etapa la estrategia de desarrollo puede cambiar, así como el diseño detallado.

Para iniciar el desarrollo del sistema experto se debe tener claramente definido y evaluado los siguientes aspectos (los cuales dependen de la naturaleza del sistema):

- * tamaño del sistema (número de módulos y de reglas),
- * cantidad de interfaces con otros sistemas o aplicaciones,
- * las dinámicas del conocimiento (conocimiento estático y dinámico)
- * y la estrategia de desarrollo.

a) Construcción de la Base de conocimientos

La parte fundamental de esta etapa es la construcción de la Base de Conocimientos, lo cual significa adquirir el conocimiento de los expertos y/o otras fuentes documentadas y representarlo de una forma apropiada en la computadora. De todo lo discutido anteriormente, en esta ocasión se incluyen varios aspectos adicionales, como son :

- * Definir la solución potencial
- * Definir los hechos de entrada
- * Desarrollar un diagrama de bloques del sistema (conceptualización)
- * Dibujar un mapa de conocimiento (árbol de decisión y matriz o tabla de decisión)
- * Desarrollar el sistema (programar en un shell o lenguaje)

b) Evaluación, validación, verificación, y mejoramiento

El prototipo y las versiones más completas o finales del sistema experto son evaluadas y validadas tanto en el laboratorio, como en casos reales. La validación se refiere a determinar si el sistema experto brinda resultados con un nivel de exactitud aceptable y reconocida por los usuarios y expertos, mientras que la verificación confirma que el sistema experto ha sido construido correctamente, de acuerdo a las especificaciones de diseño.

ETAPA 5: IMPLEMENTACIÓN

Esta etapa puede ser larga y compleja, similar a la implementación de cualquier software. Los siguientes aspectos son los que se refieren a la implementación de un sistema experto, y son los que deben tenerse en cuenta :

- * Lograr la aceptación del usuario final
- * Alcanzar una buena instalación
- * Realizar demostraciones
- * Integración y despliegue
- * Orientación y entrenamiento
- * Seguridad del sistema experto
- * Documentación del sistema experto
- * Integración y evaluación en el campo: hardware, personal, redes, evaluación de casos y tiempo de respuesta.

ETAPA 6: POST-IMPLEMENTACIÓN

Varias actividades son llevadas a cabo después que el sistema experto ha sido distribuido a los usuarios. Las más importantes son:

- * Operación del sistema experto,
- * Mantenimiento del sistema experto
- * Actualización o expansión del sistema experto, y
- * Evaluación del sistema experto.

En el caso de la evaluación se pueden contemplar las siguientes interrogantes :

- * ¿Cuál es el costo actual de mantenimiento del sistema comparado con los beneficios actuales ?
- * ¿El mantenimiento proporcionado es suficiente para mantener el conocimiento actualizado a fin de que el sistema proporcione resultados con alta exactitud ?
- * ¿Es el sistema experto accesible a todos los usuarios ?
- * ¿Es el sistema experto aceptado por nuevos usuarios ?

Capítulo 4

**Desarrollo del sistema:
Sistema inteligente para
realizar evaluaciones de
impacto ambiental.**

4 Desarrollo del sistema: Sistema inteligente para realizar evaluaciones de impacto ambiental.

Para el desarrollo del sistema inteligente se sigue la metodología descrita en la sección 3.1.5 de esta tesis [23],[24], si bien esta metodología es para el desarrollo de sistemas expertos no se desarrollan todos los pasos de la metodología por ser nuestro sistema un proyecto de investigación, y no un sistema experto convencional.

4.1 Definición del problema.

Actualmente no se cuenta con un software (o sistema automático) capaz de llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental (EIA) de manera cuantitativa para la realización de un proyecto de construcción.

Para llevar a cabo una EIA, específicamente el proceso de evaluación y no el documento que es revisado por parte de las autoridades (para más detalles acerca de la EIA consultar el capítulo 2), es necesario consultar una gran cantidad de información. Por otro lado se cuenta con una gran cantidad de metodologías (manuales) para realizar una EIA.

En la realidad nos encontramos que las personas que llevan a cabo una EIA se basan principalmente en su experiencia para realizar su trabajo, y pocas veces utilizan una guía metodológica.

Y no es sorprendente todo lo anterior, puesto que se cuenta con poca bibliografía en lo referente a ¿Cómo? se desarrolla una EIA. Esto sucede por que mucha gente piensa que el llevar a cabo una EIA es un problema resuelto.

Para entender de una forma más clara el problema, tratemos de imaginar la cantidad de información requerida en lo que se refiere a las características del medio ambiente a afectar, si queremos construir una supercarretera que atraviese la República Mexicana; si asumimos que ya tenemos toda esta información, ahora nuestro problema se reduce a identificar y evaluar los impactos ambientales de acuerdo a las actividades (acciones) que se realicen para construir la carretera. Hay que recordar que todo esto se tiene que hacer antes de construir la supercarretera, es decir tener la EIA antes de realizar cualquier actividad con fines de determinar la factibilidad del proyecto.

4.2 Valoración de necesidades.

No se cuenta con un software para realizar las evaluaciones sin embargo si se cuenta con metodologías para llevarlas a cabo (sección 2.5), pero se vuelven demasiado complejas y no son empleadas.

Se requiere de un sistema automático (software) que no sólo sea capaz de realizar una EIA cuantitativamente, sino que también sea fácil de usar y con capacidad de crecer o ser actualizado.

4.3 Evaluación de las alternativas de solución.

Por la gran cantidad de información involucrada en el desarrollo de una EIA, el problema se puede conceptualizar como una tarea de análisis, diseño y procesamiento de datos. Es decir, el desarrollo de un sistema de información. Sin embargo, por la gran cantidad y variedad en la información que se involucra y la experiencia requerida por parte de los evaluadores, resulta una tarea ardua y difícil. Razón por la que encontramos una gran cantidad de metodologías (ver sección 2.4) y que un sistema de información no resuelve el problema.

En cuanto a software ya realizado en esta área hay varios enfoques, como se mostró en la sección 1.3 (estado del arte).

En los diferentes enfoques que se encuentran tenemos sistemas basados en conocimiento (sistemas expertos), esto por que mucha de la información involucrada en la evaluación requiere de experiencia (o conocimiento humano) que por su naturaleza no es fácil de manejar [8][9][17]. Por otro lado el desempeño de los sistemas expertos son en áreas de aplicación reducidas, y lo que se requiere es una herramienta para realizar evaluaciones no sólo para un conjunto de proyectos de construcción. Por tal motivo este enfoque tampoco resuelve nuestro problema.

Lo que se requiere es un sistema que permita realizar EIA's para cualquier tipo de proyecto sobre cualquier territorio (o medio ambiente).

Aprovechando el trabajo y experiencia de la gente que ha realizado estudios sobre el procesamiento de la información involucrada en el desarrollo de una EIA, así como el impacto que han tenido estos trabajos en la práctica. Encontramos metodologías con una área de aplicación amplia y muy completas.

Siendo la alternativa de solución, un sistema inteligente basado en la metodología de V. Conesa Fernández [4] (para más detalles sobre la metodología consultar la sección 2.5) al cuál se ligan los sistemas expertos. Los sistemas expertos, permiten manejar el conocimiento (experiencia) que se requiere para realizar las EIA's.

4.4 Aspectos administrativos

El desarrollo de este sistema ha sido financiado por el Programa Universitario del Medio Ambiente de la UNAM, mejor conocido como el PUMA. También se cuenta con el apoyo del Centro de Instrumentos de la UNAM.

Dado que en el mercado no se encuentra un software de esta naturaleza, este puede ser promovido para su venta a instituciones públicas y privadas que se dedican a la protección y preservación del medio ambiente.

4.5 Diseño conceptual

El sistema inteligente se basa en la metodología de V. Conesa Fernández [4] (descrita a detalle en la sección 2.5) y un conjunto de sistemas expertos. Para automatizar parte de la metodología se emplea una base de datos conformada por un conjunto de tablas (sección 4.7). Los sistemas expertos se ligan a la base de datos para cada interacción que causa algún impacto ambiental [25],[26]. La estructura general del sistema se muestra en el diagrama de la Figura 4.1.

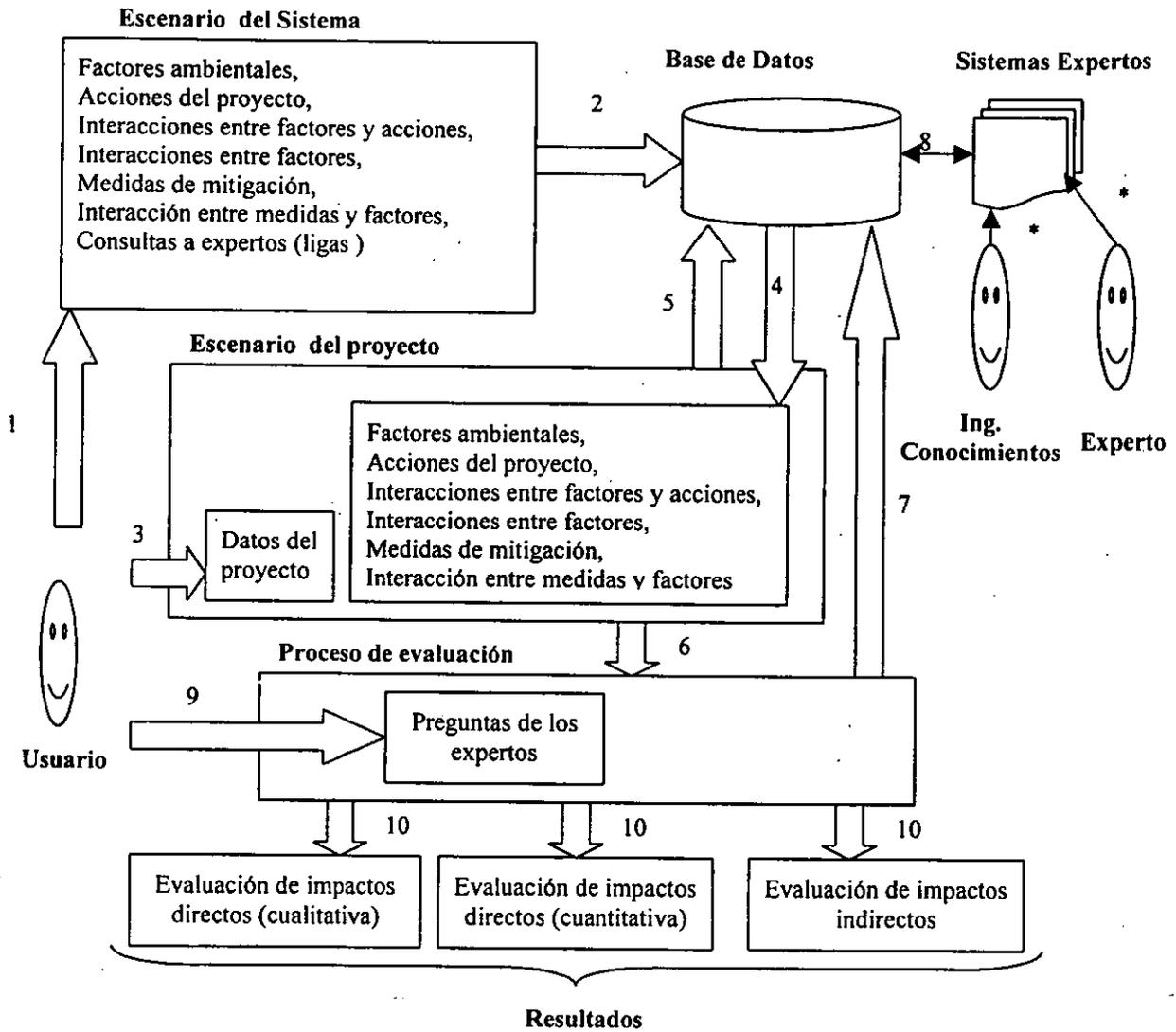


Figura 4.1 Diagrama de bloques del sistema

De la Figura 1 podemos resaltar que el **escenario del sistema** es el primero que se debe formar, para generar la base de datos que será consultada para formar así el **escenario del proyecto**. Antes de continuar con el **proceso de evaluación** se deben tener los sistemas expertos, así como las consultas a los expertos (ligas) en las interacciones definidas. Una vez realizado lo anterior se sigue con el proceso de evaluación, donde los sistemas expertos piden al usuario la información referente al medio ambiente involucrado así como algunos

datos del proyecto. Finalmente realizada la evaluación se obtiene una serie de reportes (**resultados**) correspondientes a una evaluación cualitativa y/o cuantitativa de impactos directos, y un reporte de impactos indirectos.

Como el escenario del proyecto y los resultados de la evaluación se almacenan en la Base de datos, estos pueden ser accedidos (que no se muestra en el diagrama anterior) sólo para visualizar la información de un proyecto ya capturado y poder volver a ver los reportes del proyecto.

Las flechas que contienen un asterisco (*) son pasos que pueden efectuarse o no. Si no se llevan a cabo sólo se tendrá una evaluación cualitativa, si se realizan puede obtenerse una evaluación cualitativa y cuantitativa. El paso 9 se desarrolla si los pasos marcados con asterisco se realizan.

En conclusión el diagrama a bloques muestra el orden (los números asociados a las flechas) y la información que es alimentada al sistema, para un proyecto en particular.

4.6 Selección de recursos de cómputo

El sistema inteligente requiere el manejo de base de datos y sistemas expertos. Existen herramientas para el desarrollo de sistemas expertos (shells) que permiten el manejo de base de datos, sin embargo sólo permiten el manejo de pocas tablas y no tienen las características que tiene un manejador de base de datos.

Por lo anterior es necesario tener una herramienta para el desarrollo de la base de datos y otra para el manejo de los sistemas expertos.

Para el desarrollo de este sistema se elige *Access* (de *Microsoft*) para mantener la integridad en la base de datos y *Visual Basic* para la interfaz amigable con el usuario, el software (shell) *Level5 Ver. 3.6.1* para el manejo de sistemas expertos. Se elige *Level5* por la fácil conectividad con *Visual Basic*.

Las herramientas que aquí se eligieron para el desarrollo del sistema, no son las únicas herramientas de software que pueden ser empleadas. Se eligieron estas por que se cuenta con ellas (dentro del Centro de Instrumentos - UNAM), además de ser las más accesibles económicamente.

4.7 Estructura de la base de datos

En lo que se refiere a la estructura de la base de datos del sistema se cuenta con las siguientes tablas y consultas:

Tablas

<i>Acciones.</i>	<i>Indicadores.</i>	<i>Medio del Proyecto.</i>
<i>Acciones Proyecto.</i>	<i>Intensidad.</i>	<i>Medios.</i>
<i>Categorías.</i>	<i>Interacciones entre Factores.</i>	<i>Momento.</i>
<i>Normas.</i>	<i>Interacciones Factores Acciones.</i>	<i>Normas.</i>
<i>Extensión.</i>	<i>Interacciones Factores Acciones Proyecto.</i>	<i>Persistencia.</i>
<i>Factores.</i>	<i>Interacciones Factores Medidas.</i>	<i>Proyectos.</i>
<i>Factores Proyecto.</i>	<i>Interacciones Factores Medidas Proyecto.</i>	<i>Resultados.</i>
<i>Fases.</i>	<i>Lingüístico.</i>	<i>Corrección.</i>
<i>Funciones Transformación.</i>	<i>Medidas.</i>	<i>Resultados Predicción.</i>
<i>Impacto final.</i>	<i>Medidas Proyecto.</i>	<i>Valoración.</i>
<i>Importancia y Magnitud.</i>		<i>Reversibilidad.</i>
<i>Importancia y Magnitud de Medidas.</i>		<i>Transformación.</i>

Consultas

<i>AccionesQRY.</i>	<i>Magnitud en unidades inconmensurables para factores lingüísticos.</i>
<i>FactoresQRY.</i>	<i>Magnitud impactos y medidas con importancia.</i>
<i>Impactos indirectos.</i>	<i>MedidasQRY.</i>
<i>Interacciones entre factores y acciones sin importancia.</i>	<i>Ponderación Proyecto.</i>
<i>Interacciones entre factores y medidas sin importancia.</i>	<i>Suma de Importancia por factor.</i>
<i>Interacciones Factores Acciones QRY.</i>	<i>Suma Importancia por factor medidas.</i>
<i>Interacciones Factores Medidas QRY.</i>	<i>Suma neta de Importancia por factor con medidas.</i>
<i>Interacciones Proyecto Medidas QRY.</i>	<i>Unión factores lingüísticos y no lingüísticos.</i>
<i>Interacciones Proyecto QRY.</i>	<i>Unión Magnitud de Medidas factores lingüísticos y no.</i>
<i>Magnitud de Medidas en unidades inconmensurables lingüísticos.</i>	<i>Valoración impactos.</i>
<i>Magnitud de Medidas en unidades inconmensurables no lingüísticos.</i>	<i>Valoración impactos medidas.</i>
<i>Magnitud en unidades inconmensurables factores no lingüísticos.</i>	

Las tablas y consultas se encuentran en un archivo: **EIA Ver 2.0.mdb** con formato de Access 97. Las consultas que se encuentran en la base de datos se utilizan para algunos formularios en la interfaz del sistema y para emitir algunos reportes.

La base de datos sigue el modelo de base de datos relacional. En el **Anexo III** se muestran a detalle todas las tablas con sus características como son: *nombre del campo, tipo de datos, tamaño y las relaciones* (para mantener la integridad de los datos) *con las demás tablas.*

4.8 Base de conocimientos del sistema

La base de conocimientos de todo el sistema está conformada por la base de conocimientos de un conjunto de sistemas expertos. Los sistemas expertos son ligados al sistema a través de la base de datos, usando el nombre del sistema experto, como se muestra en la Figura 4.2

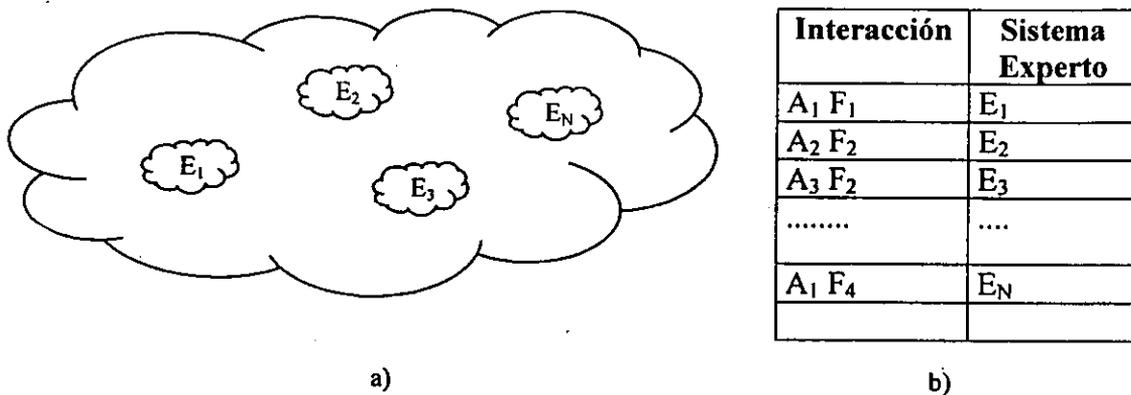


Figura 4.2 Base de conocimientos del sistema

En la **figura 4.2 a)** se muestra la base de conocimientos del sistema inteligente donde $E_1, E_2, E_3, \dots, E_N$ son las sistemas expertos que la integran. Cada sistema experto es independiente, permitiendo actualizar o modificar la base de conocimientos de cada sistema experto sin afectar la base de conocimiento de los demás, y tampoco tener que revisar y validar toda la base de conocimientos del sistema inteligente.

En la **figura 4.2 b)**, se muestra una tabla (base de datos) que contiene una lista de interacciones entre: acciones o actividades del proyecto a construir y los factores ambientales a ser impactados. A cada interacción se asocia un sistema experto. Por ejemplo a la interacción entre la acción del proyecto A_1 y el factor ambiental F_1 se asocia el sistema experto E_1 .

Las interacciones también se dan entre medidas de mitigación y factores ambientales, estas no se muestran en la **Figura 4.2** pero se tratan de la misma manera. Es decir se tiene una tabla para estas interacciones y se asocia un sistema experto a cada renglón de la tabla.

En la tabla de la **figura 4.2 b)**, la cantidad de interacciones (renglones) no tiene límite, este dependerá de las necesidades de cada proyecto. Obviamente entre más renglones en la tabla se tengan se requerirá un número mayor de sistemas expertos (especialistas) que puedan cuantificar los impactos ambientales. Tomando en cuenta que cada interacción corresponde

a un impacto ambiental, habrá sistemas expertos que puedan cuantificar más de uno, es decir que puedan ser utilizados en una o varias interacciones (aparecer en varios renglones).

La complejidad de cada sistema experto dependerá de la complejidad que implique el cuantificar un impacto ambiental al experto humano.

De acuerdo a la estructura de la base de conocimientos del sistema inteligente, lo que tenemos es una base de conocimientos con capacidad de crecer y satisfacer las necesidades de cada proyecto.

4.8.1 Fuentes de conocimiento

Cómo fuente de conocimiento documentada tenemos la metodología de Conesa [4], principalmente. Como fuente de conocimientos no documentada tenemos a un experto en realizar evaluaciones de impacto ambiental que tiene alrededor de 10 años de experiencia, quién no sólo ha contribuido a la base de conocimientos del sistema, sino en la conceptualización del sistema en general.

Sólo se trabajó con un experto para construir lo que se tiene hasta ahora como la base de conocimientos del sistema. Pero para la conceptualización del sistema se ha consultado a más de un experto.

El método para la adquisición del conocimiento ha sido la entrevista, realizándose reuniones de un promedio de dos horas y media por semana, durante 10 meses.

4.8.2 Base de conocimiento de los sistemas expertos

Sólo se tiene la base de conocimientos para algunos sistemas expertos, esto por que una de las problemáticas de las evaluaciones de impacto ambiental es que hay pocos indicadores que permitan evaluar (cuantificar) la magnitud, función que realizan los sistemas expertos. Cada sistema experto es especialista en evaluar el impacto de una interacción entre una acción (o actividad) del proyecto a construir sobre un factor ambiental (del medio ambiente), por lo que se requiere una gran cantidad de expertos para conformar toda una base de conocimientos para el sistema.

Las bases de conocimientos que se muestran a continuación son las que han estado al alcance de nuestro experto humano (especialista en materia ambiental):

Sistema experto: "Ruido"

Tabla 4.1 Reglas para el ruido.

<i>Foco emisor</i>	<i>Nivel dB</i>
Martillo Neumático	110
Obras Públicas	100
Camión pesado	90
Tráfico intenso	80
Umbral doloroso	120
Intensidad normal de audición	60
Umbral de sensación sonora	0

Aquí las reglas se obtienen de la **Tabla 1**, donde la columna *Foco emisor* forma la parte de la condición de la regla y la columna *Nivel dB* forma la parte de la conclusión de la regla.

Por ejemplo:

Si *Foco emisor* = Martillo Neumático **Entonces** *Nivel dB* = 110

Sistema experto: "Fauna"

Lo que se refiere a especies de fauna sólo basta con saber si la especie es exótica, silvestre o en estatus.

Si la especie es **exótica** no se considera un impacto (Nada, 1).

Si la especie es **silvestre** se considera un impacto bajo (2).

Si la especie es **en estatus** se considera un impacto medio (3).

Si no es de **ninguno** de los tipos anteriores no se considera un impacto (Nada, 1).

Sistema experto: "Flora"

Lo que se refiere a especies de flora sólo basta con saber si la especie es exótica, silvestre o en estatus.

Si la especie es **exótica** no se considera un impacto (Nada, 1).

Si la especie es **silvestre** se considera un impacto bajo (2).

Si la especie es **en estatus** se considera un impacto medio (3).

Si no es de **ninguno** de los tipos anteriores no se considera un impacto (Nada, 1).

Sistema experto: "Suelo"

Para este sistema se emplea el **índice de evaluación del uso del suelo para áreas con agricultura**. Que consta de los siguientes pasos:

1.- Determinar el período de crecimiento (conocido como PECRE), que es el número de días durante el año en los que existe disponibilidad de agua y temperaturas favorables para el desarrollo de un cultivo, a partir del dato de la isoyeta anual modela (denominada DAIMO), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PECRE} = 0.2408 (\text{DAIMO}) - 0.0000372 (\text{DAIMO})^2 - 33.1019$$

2.- Para la evaluación de la agricultura de temporal actual y apertura de nuevas áreas se utilizará el dato del PECRE en la determinación de la extensión pérdida de maíz (o EXPEM):

$$\text{EXPEM} = 80.3840 - 0.4126 (\text{PECRE})$$

La EXPEM está correlacionada con la extensión pérdida de frijol y ambas a su vez con los rendimientos. Es importante señalar que el maíz y frijol son los cultivos dominantes de las zonas de temporal.

Si la EXPEM es mayor al 30 % la zona se declara no apta para agricultura de temporal. Si la EXPEM es menor al 30% se recurre al banco de datos BAEDA-1 o al mapa edofológico del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (con las unidades del suelo según) el sistema de clasificación FAO/UNESCO, las texturas dominantes y las fases) para establecer las unidades de suelos presentes en el AOE.

Con las unidades establecidas y por medio de la tabla de Aptitud APT-1 (Tabla 4.2) se clasifica el suelo. Si la unidad de suelos es no apta (SUNAP) la evaluación termina. Si la unidad es pata se consulta el banco de datos BATOP-1 o el mapa topográfico del INEGI. Si la pendiente es "c" (mayor al 30%) el área es no apta. Si la pendiente es menor de "c" se considera apta. En caso de utilizar el mapa fisiológico del INEGI se considera como zonas aptas a los valles, planicies y lomeríos y no aptas el resto.

**Tabla de Aptitud APT1
Agricultura de Temporal
Unidades de Suelos no aptos (SUNAP)**

Ge	Gc	Gd	Gm	Gh	Gf	Gx	Rx	I	Qc
Ql	Qf	Qa	E	U	Tv	Vp	Vc	Zo	Zm
Zt	Zg	So	Sm	Sg	Yh	Yk	Yy	Yl	Yr
Xy	Hg	Mg	Lp	Lg	Dg	Po	Pl	Pf	Ph
Pp	Pg	Wd	Wh	Ws	Wx	Ap	Ag	Fp	Oe
Od	Ox	Bx							

Tabla 4.2

4.8.3 Estructura de los sistemas expertos

Los sistemas expertos, para obtener la magnitud de los impactos, se programan en *Level5* versión 3.6.1

Cada sistema experto requiere los atributos:

Termina (tipo de datos simple S), *Cambia* (tipo de datos: simple S), *Magnitud* (tipo de datos: Numérico N o Compound C) y *Explica* (tipo de datos: cadena STR).

Los atributos deben estar contenidos en la clase **domain** de *Level5*, a través de estos atributos la interfaz, desarrollada en *Visual Basic*, se comunica empleando el protocolo *OLE* (Object Linking Embedding) [19].

Además de los atributos mencionados los sistemas expertos también se incluyen atributos requeridos para evaluar la magnitud de los impactos, estos de acuerdo a la interacción entre el factor ambiental y la acción impactante en cuestión así, como de las variables ambientales requeridas para hacer la evaluación. Si el sistema experto implementa un modelo matemático para calcular la magnitud, también se implementará el modelo en *Level5*. Incluso para aquellos factores ambientales que se rigen por alguna norma ecológica especial, principalmente que no tiene límites mínimos y máximos permisibles definidos, pueden ser validados en los sistemas expertos aplicando los criterios de los especialistas en el área.

4.9 Descripción y operación del sistema

- Factores ambientales (descripción del medio ambiente) y
- Acciones impactantes (actividades del proyecto)

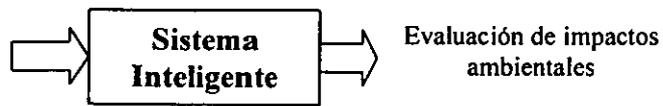


Figura 4.4 Entradas y salidas del sistema.

A nivel de usuario en la figura 4.4 se describen las entradas y salidas del sistema. El sistema tiene como entrada información del medio ambiente a afectar (Factores ambientales) y las actividades del proyecto que se desarrollarán para su construcción y operación (acciones impactantes). Como salida el sistema proporciona un conjunto de reportes que muestran los resultados de la evaluación.

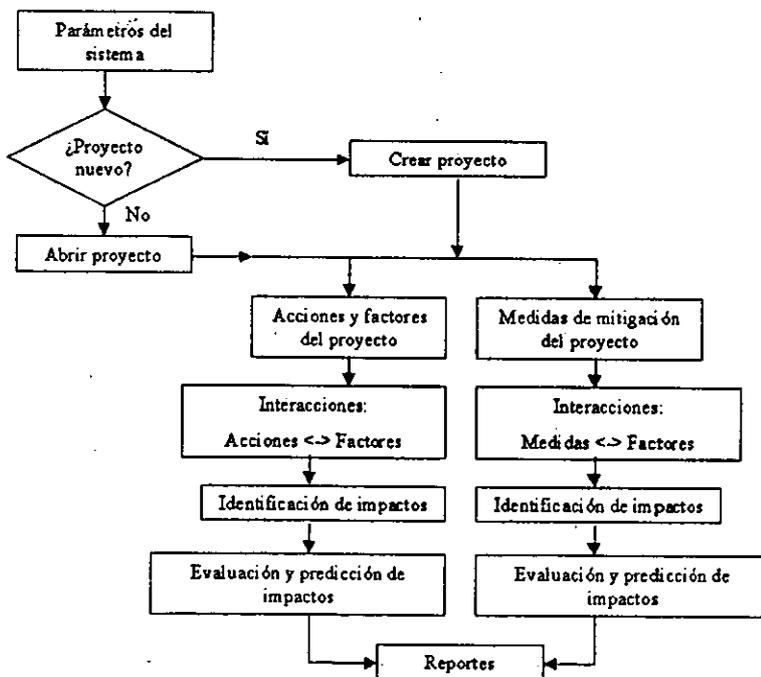


Figura 4.3 Diagrama de operación del sistema

En la figura 4.3 se muestra el diagrama general de las opciones (recuadros) que contienen el sistema. A continuación se describen en forma general el diagrama de la Figura 4.3.

Cuando se usa por primera vez el sistema lo primero que se tiene que alimentar son los **parámetros del sistema** que equivale a integrar el escenario del sistema descrito en el diagrama de la figura 4.1.

Parámetros del sistema:

- Acciones del proyecto
 - Fases (Construcción, operación, abandono)
- Factores ambientales
 - Tipo de medio (p ej. Aire, suelo, etc.)
 - Normas (ecológicas)
 - Indicadores (o criterios)
 - Funciones de transformación (para cuantificar factores heterogéneos)
- Interacciones entre factores y acciones.
 - Ligas a los sistemas expertos
- Interacciones entre factores.
- Medidas de mitigación.
- Interacción entre medidas y factores.
 - Ligas a los sistemas expertos
- Consultas a expertos (ligas).

Una vez que se tienen los parámetros del sistema, alcance del mismo, el sistema está listo para ser usado para evaluar un proyecto. Para evaluar un proyecto **hay dos opciones**, como se muestra en la **figura 4.3**, una opción es si se va a trabajar un proyecto nuevo (entiéndase por nuevo que no se tiene en la base de datos del sistema); la otra opción es si ya se tiene en forma parcial o total la información del proyecto a evaluar.

Si se va a **crear un proyecto nuevo** la siguiente etapa es **Crear proyecto**, en esta etapa se proporciona el nombre del proyecto, descripción del mismo, ubicación, acciones del proyecto, factores ambientales, medidas de mitigación, sus interacciones, etc.

Cuando se desea **abrir un proyecto existente**, el proyecto a evaluar se selecciona de la lista de proyectos que contiene el sistema en su base de datos. Posteriormente se pueden editar toda la información del proyecto que se introduce cuando se crea uno nuevo.

El **proceso de evaluación** se realiza después de que se introdujo la información del proyecto; es decir una vez que se tiene el escenario del proyecto (en la figura 4.1). El proceso de evaluación consiste en introducir las características de cada interacción (impacto ambiental): signo (positivo/negativo) intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad y magnitud del impacto. Para determinar la magnitud del impacto, se tendrá que proporcionar la información (técnica) a los sistemas expertos asociados a cada interacción.

Una vez realizado el proceso de evaluación se puede acceder a los **reportes del sistema** que contienen los resultados en forma cualitativa y cuantitativa. Los reportes que emite el sistema se muestran en el **Anexo II**.

Los reportes proporcionan resultados como: listado de impactos ambientales ordenados por mayor magnitud evaluados cualitativamente y cuantitativamente, normas ecológicas asociadas a cada impacto, resultado de las medidas de mitigación, etc.

Una descripción detallada sobre la operación del sistema se puede ver en el **Anexo IV**.

En el Anexo IV se muestran también las pantallas (interfaz) del sistema que corresponden a el manual del usuario. El contenido del Anexo II, Anexo III, Anexo IV, Capítulo 2 y Capítulo 4 integran el manual del programador del sistema.

4.10 Ayuda del sistema

El sistema cuenta con una ayuda en línea (como cualquier programa bajo *Windows 95/98/NT*) para su manejo. Esta ayuda puede ser activada desde el menú de opciones del sistema.

4.11 Alcance del sistema

La información que contiene el sistema (en su base de datos) es referente a un proyecto de ampliación de una carretera en el estado de Morelos, que contiene los factores ambientales y las acciones involucradas por él, así como información relacionada con la construcción de una carretera; que puede ser empleada para proyectos del mismo tipo o incluso para otro tipo de proyectos principalmente para la fase de construcción del proyecto. También se tienen las interacciones entre estos factores y acciones, así como los sistemas expertos asociados a cada interacción que permiten obtener la magnitud del impacto cuantitativamente; como las medidas de mitigación y las interacciones entre medidas de mitigación y factores ambientales.

El sistema también permite agregar o modificar los factores ambientales, acciones del proyecto, interacciones entre factores y acciones, medidas de mitigación, interacción entre factores y medidas de mitigación así como la interacción entre los mismos factores ambientales. Los sistemas expertos nuevos, que permiten obtener la magnitud del impacto, se tendrán que desarrollar en la herramienta para desarrollo de sistemas expertos: *Level5* ver. 3.6.1 (consultar la sección 4.8.3), y ser ligados a través del sistema en cada interacción a ser evaluada cuantitativamente.

En general se tiene la estructura de un sistema para realizar evaluaciones de impacto ambiental para cualquier tipo de proyecto en cualquier medio ambiente. Donde lo importante es tener capturada toda esta información en nuestra base de datos. Que como se mencionó anteriormente sólo se cuenta con información y experiencia que puede ser aplicada para proyectos carreteros.

Cabe aclarar que los proyectos carreteros son unos de los más difíciles de evaluar por la dimensión de la superficie que atraviesan y la gran diversidad en el medio ambiente involucrado.

4.12 Requerimientos de hardware y software del sistema.

- a) Windows 95/98 o superior
- b) 30 Mb de espacio en disco duro
- c) 16 Mb de memoria para un buen desempeño
- d) Resolución en pantalla mayor a 16 colores (para una buena definición en las fotos)
- e) Level5 3.6.1 (para la operación de los sistemas expertos)
- f) Microsoft Word (para visualizar los criterios de los sistemas expertos)
- g) Acceso a Internet (para las ligas del sistema a la Conabio e INE)

Los requerimientos a), b) y c) son necesarios. Sin el requerimiento d) simplemente no se puede tener una buena definición en las fotografías. Sin e) no se podrá modificar la magnitud de los impactos. Sin f) no se podrá consultar los criterios empleados para determinar la magnitud de los impactos. Sin g) no se podrá consultar las páginas en Internet de la Conabio e INE.

Para instalar el sistema solo ejecute Setup.exe desde el CD de instalación y siga las instrucciones.

En el archivo *Eia.ini* que se encuentra el directorio donde se instaló el sistema, deberá contener la ruta del directorio (carpeta) donde se encuentra el sistema.

Capítulos 5,6 y 7

Resultados, Conclusiones y Trabajos futuros

5 Resultados

Para validar el sistema se ha empleado la manifestación de impacto ambiental para el proyecto: *Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco de la carretera Yautepec-Cuautla en el estado de Morelos (México)*. La manifestación de impacto ambiental del proyecto se muestra en el **Anexo I**, los reportes del sistema se muestran en el **Anexo II**.

El **Anexo I**, corresponde a una parte de la manifestación de impacto ambiental del caso de estudio, el documento completo se conforma de 58 páginas incluyendo el anexo y la bibliografía. El Anexo I sólo contiene 15 páginas (evaluación de impactos y medidas de mitigación), las demás son información requerida por las autoridades ambientales que la mayoría de las veces, sino es que casi todas, esta información no es empleada para la evaluación de impactos. Aún cuando el principal objetivo de una manifestación de impacto ambiental es la evaluación de impactos y medidas de mitigación.

Esto también habla un poco de la problemática para poder realizar las evaluaciones de impacto ambiental, donde no es fácil describir o determinar la información que es requerida para realizar la evaluación.

En el **Anexo I** muestran una evaluación de impactos para el caso de estudio realizada con una **metodología tradicional**, donde la persona que realizó la evaluación no le es fácil justificar/explicar las razones por las que se dan los resultados (impactos ambientales), por que son basadas en su experiencia.

En el **Anexo II** como parte de la evaluación de impactos del caso de estudio se tienen los **reportes tal y como los emite el sistema**. La forma de presentar los resultados en los reportes es muy variada y adecuándose a las necesidades de diferentes personas. Los reportes proporcionan resultados como: listado de impactos ambientales ordenados por mayor magnitud evaluados cualitativamente y cuantitativamente, normas ecológicas asociadas a cada impacto, resultado de las medidas de mitigación, etc.

Uno de los grandes resultados del sistema es que se tiene una **metodología amigable** (en software) para llevar a cabo evaluaciones con resultados cuantitativos de una forma eficiente. Ahora bien ya hay metodologías para poder realizar evaluaciones cuantitativas, el problema radica en que son demasiado complejas como para realizarlas a papel y lápiz por la gran cantidad de operaciones que hay que realizar. De tal forma que nunca son empleadas por la gente que realiza las evaluaciones, por las dificultades técnicas para predecir impactos ambientales [21].

Para determinar que tan buena es una evaluación se hace referencia al trabajo de Bojórquez [21], él muestra que en general en México la información contenida en una manifestación de impacto ambiental es pobre e insuficiente para la toma de decisiones. En parte esto se debe a que el proceso de recopilación de información para la manifestación está totalmente separada del proceso de evaluación, siendo que estos procesos deben ir de la mano. La evaluación de impactos de hecho, como se hace tradicionalmente, es ver de acuerdo a el proyecto y la experiencia del evaluador los posibles impactos que ocurrirán; sin tomar en cuenta la información recopilada. Que si hacemos la pregunta ¿Qué información recopilada

se utiliza para la evaluación? a los evaluadores, no debe ser sorprendente que la respuesta a esta pregunta sea que la mínima parte de ésta información es utilizada.

Ahora que si contestamos la pregunta anterior con respecto al sistema inteligente, la respuesta es que sólo se requiere información que es necesaria para la evaluación de impactos. Como contra parte a esto, se tiene que el evaluador ya no tiene que pensar el proceso de evaluación de impactos como identificar los impactos posibles, sino más bien identificar actividades (acciones) del proyecto y factores ambientales involucrados que pueden causar algún impacto, y después identificar los impactos ambientales. Siendo así el sistema una guía para realizar evaluaciones, si bien es una ventaja a la vez se puede convertirse en desventaja, como todo sistema informático, por que la gente que esta acostumbrada a realizar una evaluación siguiendo su propia metodología tendrá que adecuarse a la metodología del sistema.

Para medir la capacidad del sistema inteligente se recurre al trabajo hecho por Bojórquez [21], sobre 33 manifestaciones de impacto ambiental en proyectos de tipo carreteros en México, que toma los parámetros de los requerimientos de las manifestaciones por parte de la SEDUE (Secretaría de desarrollo Urbano y Ecología, 1989), como criterios para evaluar las deficiencias. Bojórquez evalúa los capítulos que integran la manifestación por separado (de un total de ocho). Aquí sólo se hará referencia a los criterios de evaluación para los capítulos: evaluación de impactos (capítulo V) y medidas de mitigación (capítulo VI), que es lo que cubre el sistema.

Los resultados obtenidos por Bojórquez [21] muestran que el contenido de los capítulos correspondientes a la evaluación de impactos y medidas de mitigación obtuvieron en promedio grados menores al 60% y 90% respectivamente, que clasifican las manifestaciones como inadecuadas por no contener información suficiente para la toma de decisiones. Sólo tres tienen grado promedio cercano al 90% para el capítulo correspondiente a la evaluación de impactos (capítulo V) y para el capítulo que se refiere a las medidas de mitigación (capítulo VI) sólo cinco tienen grados menores al 60%. Siendo el grado máximo 100% en escala de 0% a 100%.

A continuación se muestran en la **tabla 5.1** los criterios (con sus respectivos grados y porcentajes), los resultados para el caso de estudio aplicando para validar el sistema (evaluado tradicionalmente) y las capacidades del sistema.

Tabla 5.1 Comparación de resultados

1	2	3	4	5
Criterio	Descripción	Grado	Evaluación del caso de estudio: <i>metodología tradicional</i> Grado/Porcentaje	Evaluación del caso de estudio: <i>Sistema inteligente</i> Grado/Porcentaje
CAPITULO V (Evaluación de impactos)				
Metodología	Técnicas para evaluación de impactos son reportadas y usadas para la evaluación.	No = 0 Sí, descripción limitada = 1 Sí, clasificación completa = 2	0 0%	2 100%
Validez	Datos de capítulos anteriores son empleados para la evaluación	No = 0 Sí, no usados = 1 Sí, usados indirectamente = 1 Sí, usados directamente = 2	0 0%	2 100%
Estudio	Reportes de estudio de campo	No = 0 Sí = 1	1 100%	1 100%
Cuantificación	Estimación cuantitativa del área, actividades del proyecto y reporte de impactos	No = 0 Sí, pero parcialmente = 1 Sí, totalmente = 2	1 50%	2 100%
Estándares	Aplicación de parámetros para determinar el significado de impactos	No = 0 Sí, aplicación ilógica = 1 Sí, aplicación inconsistente = 2 Sí, aplicación consistente = 3	2 66%	3 100%
CAPITULO VI (Medidas de mitigación)				
Encadenamiento	Medidas de mitigación relacionadas a los impactos	No = 0 Sí = 1	1 100%	1 100%
Especificidad	Reporte de las medidas de mitigación (donde, cuando, cuánto tiempo).	No = 0 Sí, general = 1 Sí, mayormente general = 2 Sí, específica = 3	1 66%	3 100%
Porcentaje del grado (promedio)			54.5%	100%

La **tabla 5.1** contiene 5 columnas, la primera columna describe el nombre del criterio. La segunda columna contiene la descripción del criterio. La tercera describe los grados que pueden ser obtenidos por cada criterio así como la descripción del grado que puede tomar un criterio, los grados son valores numéricos que se encuentran en el rango [0 3]. La cuarta columna corresponde a la evaluación de impactos para el caso de estudio, realizada con una metodología tradicional, la columna contiene dos valores que corresponde al grado y al porcentaje respectivamente; el porcentaje se obtiene a partir del rango de valores que toma el grado para cada criterio. La última columna corresponde a los resultados que se obtienen del sistema para el caso de estudio, para esto se toma en cuenta los reportes que emite el sistema y el sistema mismo, al igual que la columna cuatro se muestran dos valores que corresponden al grado y porcentaje. Al final de la columna cuatro y cinco se muestra el promedio del porcentaje de estas dos columnas.

Como resultados de la **tabla 5.1** tenemos que en la cuarta columna, que corresponde a la evaluación de impactos del Anexo I utilizada como caso de estudio y realizada con una metodología tradicional, sólo alcanza el grado del 100% para algunos criterios y con un promedio del 54.5% para todos los criterios, convirtiéndose en una evaluación inadecuada para la toma de decisiones según Bojórquez [21].

En la columna cinco en la **tabla 5.1** muestra que el **sistema inteligente obtuvo 100%** para todos los criterios para el caso de estudio. Convirtiéndose la evaluación del sistema en adecuada para la toma de decisiones según Bojórquez [21].

De la **tabla 5.1**, en cuanto a las capacidades del sistema, los grados y porcentajes obtenidos para el caso de estudio también pueden ser obtenidos para cualquier evaluación que se realice con el sistema inteligente. Siendo así el sistema una metodología bastante completa para realizar evaluaciones de impacto ambiental.

Implícitamente con el sistema se reduce enormemente el tiempo para realizar evaluaciones, enfocándose la mayor parte del tiempo a recabar información necesaria para la evaluación.

El sistema elimina la subjetividad de la evaluación, que si bien no se refleja en los reportes que emite actualmente (**Anexo II**). Es fácil ir al sistema y averiguar el por qué los resultados de la evaluación, dado que se tienen los criterios de evaluación en documentos ligados al sistema y una explicación por parte de los sistemas expertos que se genera en el proceso de evaluación del sistema.

Como parte de los resultados de la tesis también se tiene la estructura de un sistema inteligente que permite aumentar su base de conocimientos. Quedando el sistema abierto para ser utilizado por cualquier tipo de proyecto que sea sometido a una evaluación de impacto ambiental. Con esta característica tan importante los resultados obtenidos por el sistema en la **tabla 5.1** pueden ser generalizados, es decir que cualquier evaluación que se lleve a cabo siguiendo el sistema podrá ser útil para la toma de decisiones.

6 Conclusiones

El sistema es una herramienta efectiva para el proceso de evaluación de impactos ambientales y poder satisfacer las políticas ambientales, donde el contenido técnico de la evaluación es suficiente para que las autoridades (aplicable a cualquier país) acepten o rechacen un proyecto [21]. Cumpliendo así con el objetivo propuesto en la tesis.

Actualmente se tiene conformada una base de datos de acciones de proyecto, factores ambientales, interacciones (impactos), medidas de mitigación e interacción de medidas de mitigación (sus impactos) para proyectos de tipo carreteros. También se tienen algunos de los módulos expertos para cuantificar. Esta información puede ser empleada para poder realizar la evaluación para otro proyecto de este tipo, no sólo para el proyecto con el cuál fue validado el sistema.

Para aplicar el sistema a cualquier evaluación necesario suministrar la información y experiencia necesaria. Si bien es una tarea complicada, sólo se lleva a cabo una vez y podrá ser utilizada las veces que fuera necesaria y con disponibilidad de 24 horas.

7 Trabajos futuros

Hay mucho trabajo por hacer en lo que se refiere a la resolución de problemas ambientales.

Específicamente en lo que se refiere a impacto ambiental, es la falta de indicadores para poder realizar las evaluaciones. Por que muchas de las veces se sabe que hay un impactos pero resulta difícil cuantificarlos, aquí se requiere de un gran esfuerzo por parte de autoridades ambientales y gente involucrada en e área para llevar a cabo esta tarea.

Toda esta información puede ser capturada y empleada por el sistema, de tal forma que se pueda llevar a cabo evaluaciones para cualquier proyecto que se someta a un proceso de evaluación.

En lo que se refiere a mejoras en la funcionalidad del sistema, si contamos con una gran cantidad de información, será conveniente que el sistema pueda sugerir una lista de acciones (actividades) del proyecto y factores involucrados para un tipo de proyecto (carretero, industrial, turístico, etc.) para un tipo de medio dado (rural, urbano, etc.). De tal forma que el uso del sistema sea más eficiente. En el caso de que el sistema quiera ser usado por varios usuarios a la vez, es necesario implementar un módulo de seguridad para control de acceso a la información por parte de los usuarios.

Algo interesante es ligar este sistema inteligente a un sistema de información geográfica (conocidos por sus siglas en inglés, GIS), de tal forma que para hacer la evaluación de impactos se alimente la ubicación geográfica del proyecto y sus acciones (actividades). De esta forma no sólo se sabrá a que partes del medio se afectará sino que se tendrá una visualización gráfica de la zona, como lo dice una frase muy conocida: "una imagen vale más que mil palabras".

En esta última parte, el unir el sistema (o metodología) a un GIS parece ser un sueño utópico que la verdad no está lejos de ser realizado, pues muchas de las partes ya se tienen. Donde la parte más complicada es conformar la base de datos con las características del medio en los diferentes puntos del territorio, por que el medio cambia constantemente, pero lo cierto es que se puede comenzar a trabajar en zonas con prioridades ecológicas.

Anexo I

Evaluación de impacto ambiental del caso de estudio: metodología tradicional

EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DEL LIBRAMIENTO YAUTEPEC-OACALCO DE LA CARRETERA YAUTEPEC-CUAUTLA EN EL ESTADO DE MORELOS

V. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Este capítulo se realizó considerando las condiciones imperantes en el sitio del proyecto desde el punto de vista de los recursos con los que cuenta actualmente el lugar y con relación a las características del tipo de obra de rehabilitación que se realizará.

Para tal fin se realizó un recorrido a lo largo del tramo con el fin de verificar las condiciones naturales y la infraestructura existente.

Para la identificación de los impactos ambientales que generará la obra se aplicó una matriz de Leopold, en donde se cruzaron las características del proyecto en sus diferentes etapas de su desarrollo contra los diversos factores que definen el medio natural y socioeconómico.

La ponderación de los impactos ambientales identificados permitió jerarquizar los impactos para, posteriormente, determinar las medidas de mitigación correspondientes.

V.1. PONDERACIÓN DE LOS IMPACTOS

A continuación se presenta la ponderación de los términos que se van a utilizar:

Impacto positivo o benéfico (B):

El impacto es positivo o benéfico cuando las modificaciones en el ambiente hacen posible la estabilidad del equilibrio ecológico del sitio o representan un beneficio social.

Impacto negativo o adverso (A):

Es negativo o adverso cuando las alteraciones al ambiente modifican las condiciones naturales y ocasionan un desequilibrio ecológico del sitio o perjudican social o económicamente a una población.

Impacto irreversible (I):

Se considera de esta manera al tipo de operación que va implícita con la ejecución del proyecto que darán de manera permanente y modificarán las condiciones originales del sitio.

Impacto mitigable (M):

Se considera de esta manera cuando mediante medidas compensatorias se minimiza el daño al ambiente, hasta dejarlo prácticamente dentro de los niveles permisibles para la Legislación Ambiental Mexicana.

Alta intensidad (a):

Es cuando el impacto es adverso y provoca un desequilibrio ecológico severo.

Mediana intensidad (m):

Cuando la afectación queda de manera intermedia.

Baja intensidad (b):

Este ponderación se considera cuando el impacto adverso ocasionado va a provocar un desequilibrio ecológico mínimo.

Durabilidad:

Para este aspecto se considera temporal cuando el impacto después de un tiempo deja de existir, y permanente cuando dicho impacto se manifiesta durante toda la vida del proyecto.

Plazo:

Para cubrir este aspecto, se manejan los plazos: corto, mediano y largo plazo.

Corto plazo

Cuando el efecto presenta una duración menor o igual a cualquiera de las dos fases iniciales del proyecto: preparación del sitio y construcción del proyecto.

Mediano plazo

El tiempo de acción de dicho efecto finaliza cuando se inicia la operación del proyecto y el sitio comienza su estabilización, se recomienda manejar un tiempo de hasta 5 años para que el sitio se estabilice y recupere sus condiciones ambientales.

Largo plazo

Se dice que es un efecto a largo plazo cuando se mantiene todo el tiempo que dura el proyecto.

V.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

Como se mencionó anteriormente, el proyecto consiste en la ampliación del tramo y la rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco de la carretera Yautepec-Cuautla en el estado de Morelos.

A continuación se describirán todos aquellos impactos posibles que se generaran en el ambiente por el desarrollo de la obra.

Aire

Considerando que en el área de estudio, existe una buena mezcla de aire y la maquinaria que operará en esta etapa del proyecto será mínima de acuerdo a la relación de equipo, se espera que los contaminantes generados se dispersen satisfactoriamente.

El uso de maquinaria, camiones y camionetas serán los que ocasionen la mayoría de las emisiones a la atmósfera. A continuación se anotan los factores de emisión que la EPA AP-42 maneja para el equipo de construcción, que trabaja con diesel como combustible:

Factores de emisión para equipo de construcción dado en gramos por hora de trabajo.

Equipo	CO	HC	NOx	SOx	PST
Recuperadora de pavimento	175.0	50.1	665.0	62.3	50.7
Pavimentadora	973.0	67.2	451.0	40.9	61.5
BULLDOZER	335.0	106.0	2290.0	158.0	75.0
Tractor D8N	660.0	284.0	2820.0	210.0	184.0
Motoconformadora	97.7	24.7	478.0	39.0	27.7
Traxcavo	251.0	84.7	1090.0	82.5	77.9
Cargador frontal	72.5	14.5	265.0	34.4	26.4
Aplanadora	83.5	24.7	474.0	30.5	22.7
Camión	610.0	198.0	3460.0	206.0	116.0
Petrolizadora	188.0	71.4	1030.0	64.7	63.2
Equipos de gasolina	7720.0	254.0	187.0	10.6	11.7

Además se generarán polvos durante el despalme y movimiento de tierra para la ampliación de la corona, esto será principalmente en los dos primeros kilómetros.

Por lo anteriormente mencionado se podría generar *un impacto adverso de baja intensidad, directo, temporal a corto plazo*; ya que únicamente será durante la etapa de preparación del sitio y construcción.

Ruido

La emisión de ruido debido al uso de la maquinaria podría generar molestias a los trabajadores y los habitantes de las poblaciones cercanas. En caso de no ser controlado el ruido, esto tendrá un *impacto adverso de intensidad baja, directo, temporal a corto plazo*.

Agua

Demanda de agua

Las oficinas y parque de maquinaria serán instaladas en alguno de los poblados cercanos al sitio, por lo que el abastecimiento del agua y la descarga de aguas residuales será utilizando los servicios municipales.

El agua cruda será obtenida de los ríos y arroyos cercanos al sitio y será trasladada por medio de pipas, siendo utilizadas en el momento sin que exista almacenamiento de la misma. Por otro lado el agua para consumo humano, será proporcionada en garrafones de 20 l que serán colocados en las oficinas provisionales y en sitios estratégicos donde se estén desarrollando los trabajos de rehabilitación.

Calidad del agua

El recurso agua se podría ver afectado durante la etapa de preparación del sitio y construcción principalmente por el depósito de materiales y disposición inadecuada de residuos sólidos (materiales de construcción como varillas, madera, basura generada por los campamentos, etc) y líquidos (combustibles, aceites, pinturas, etc) en los ríos principalmente en el río Yautepec.

Otro factor que podría afectar la calidad del agua superficial y subterránea, será la defecación al aire libre.

Considerando lo anterior y de no llevar un control sobre las actividades de construcción, se causaría un *impacto adverso no significativo, directo, temporal a corto plazo y mitigable* sobre la calidad del agua de la región.

Suelo

Contaminación

En la obra se generarán desperdicios entre los que se encuentran los restos de materiales industrializados como madera, varilla, cartón, papel, así como el pavimento removido. La inadecuada disposición y los derrames de algunas sustancias tales como gasolina, diesel, aceites, etc.) podría generar al suelo *impactos negativos, de baja intensidad, directos, temporales a mediano plazo.*

Bancos de material

Se utilizarán bancos de material, los cuales actualmente se están explotando es por ello que su uso no generará un impacto adicional.

Vegetación

De manera general se considera que el proyecto no tendrá ninguna afectación sobre la vegetación de la región, ya que las áreas inmediatas al proyecto están cubiertas por cultivos principalmente de caña de azúcar y algunas plantas ruderales que crecen comúnmente a lo largo de los caminos y brechas. Sin embargo como se mencionó en el capítulo de descripción del proyecto, se cortarán 46 árboles (guamuchil, laurel, mezquite y ciruelos), de los cuales 29 se distribuyen entre el km 0+025 y el km 0+919, once se localizan entre el km 1+019 al 1+882 y los últimos cinco se encuentran entre el km 2+037 y el km 2+267. Es por esto que se considera que *habrá un impacto adverso, de baja intensidad, directos y mitigable sobre la vegetación.*

Fauna

Los desmontes se realizarán en áreas de cultivo principalmente de caña por lo que se considera que no habrá una afectación importante al habitat de ninguna especie animal. Así que *no habrá un impacto adverso no significativo sobre la fauna de la región.*

Paisaje

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción el paisaje se verá afectado principalmente por la presencia de la maquinaria durante las obras de desmonte y construcción, acumulo de materiales y destrucción de la vegetación, sin embargo se considera que será un *impacto adverso no significativo, directo, temporal a corto plazo y mitigable.*

Aspectos socioeconómicos

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se contratarán aproximadamente 39 trabajadores, se rentará un local y un terreno para la instalación de las oficinas administrativas y el parque de maquinaria en alguna de las localidades cercanas al proyecto durante cuatro meses que es el periodo que durarán los trabajos. Por esto se considera que durante esta etapa del proyecto se generará un *impacto benéfico, de baja intensidad, directo, temporal a corto plazo*.

Uso del suelo

Los impactos más fuertes se darán durante las expropiaciones y venta de áreas dedicadas a la agricultura, cambiando el uso actual del suelo.

Por lo anteriormente mencionado se considero que la construcción de la obra generará un *impacto adverso, de baja intensidad, directo, permanente y no mitigable*.

Tránsito vehicular

La carretera libramiento Yautepec-Oacalco de la carretera Yautepec-Cuautla tiene un tránsito diario promedio anual de 1000 vehículos en ambos sentidos con la siguiente clasificación vehicular:

▪ automóviles y pick up	2.0%
▪ camiones de 3 ton	1.0%
▪ camiones de 2 ejes	10.0%
▪ camiones de 3 ejes	6.5%
▪ tractor de dos ejes con semiremolque de un eje	1.0%
▪ tractor de dos ejes con semiremolque de dos ejes	1.0%
▪ tractor de tres ejes con semiremolque de dos ejes	48.0%
▪ tractor de tres ejes con semiremolque de tres ejes	28.0%
▪ tractor de dos ejes con semiremolque de un eje	1.5%

Por otra como se mencionó anteriormente el tramo a rehabilitar es una vía de comunicación para Oacalco y toda la zona de producción cañera adyacente, con la carretera Cuautla-Yautepec, así como con la carretera federal Yautepec-Oaxtepec y por otra parte enlaza a la autopista de cuota La Pera-Cuautla con el municipio de Oacalco.

Considerando, por una parte la importancia de esta vía para comunicar al municipio de Oacalco y los agricultores de la zona cañera y por otra parte que la mayor parte del flujo vehicular está constituido por tractores con semiremolques y que la vía actualmente presenta en promedio un ancho de corona de 6.0 m, durante las obras de rehabilitación y ampliación del ancho de corona

se presentaran conflictos vehiculares, por esto se considera que la obra tendrá un *impacto adverso de alta intensidad, directo, temporal a corto plazo y mitigable*.

Infraestructura

Parte del tramo a rehabilitar se encuentra dentro de la zona urbana del poblado de Oacalco, por lo que el proyecto considero no afectar a casas habitación. Por otra parte durante la ampliación del tramo y la rehabilitación de las obras de drenaje habrá una afectación a los canales de riego que existen en la zona, además será necesario mover 38 postes de luz, que se encuentran en el área donde se realizará la ampliación. Sin embargo se considera que habrá un *impacto adverso de baja intensidad, directo, temporal a corto plazo y mitigable*.

V.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA OPERACIÓN

Debido a que el proyecto es la rehabilitación de un tramo de una carretera ya existente, los impactos que se darán durante la etapa de operación serán mismos que antes de ser rehabilitada.

Ruido

Durante la operación normal del tramo, el ruido por el tránsito de los vehículos será permanente sin embargo se considera que el *impacto adverso de baja intensidad, directo y permanente* por que la mayor parte del tramo está rodeado por zonas de cultivo.

Vegetación y fauna

La vegetación dentro del derecho de vía será constantemente afectada por la acumulación de residuos sólidos y basura proveniente en su mayoría del descuido de los mismos usuarios, así como por el mantenimiento que realiza la SCT al limpiar y retirar la maleza; este impacto se puede considerar *negativo y permanente, de baja intensidad* con medidas de mitigación.

Aspectos socioeconómicos

Debido a la importancia que tiene esta vía de comunicación, diversos sectores serán beneficiados económicamente por contar con una carretera en buen estado, ya que permitirá un tránsito vehicular más fluido.

La operación de la carretera mejorará las condiciones de seguridad y servicio que esta provee a los usuarios, definiéndose este aspecto como un *impacto benéfico de mediana intensidad y permanente* a la economía.

Se tiene contemplado que se instrumentarán los correspondientes programas de mantenimiento por parte de la SCT para poder conservar en óptimas condiciones de operación a la carretera. Por tal motivo, estos trabajos de mantenimiento generarán un *impacto benéfico permanente y de baja intensidad*.

V.4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE ABANDONO

La carretera tiene un carácter permanente por lo que se considera que no habrá impacto ambiental alguno.

VI MEDIDAS DE MITIGACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

Las medidas de mitigación tienen como objetivo minimizar los impactos adversos descritos en el capítulo anterior y que se derivan de las actividades del presente proyecto carretero. Algunas se plantean con el fin de prevenir los impactos descritos, otras están encaminadas a reducir el impacto, a cambiar su condición o a compensar sus efectos en el medio ambiente.

La implementación y aplicación de las medidas deberá programarse antes del inicio de las obras, para que dichas medidas sean aplicadas en forma simultánea con la ejecución de las obras o inmediatamente al finalizar las mismas según sea el caso, de esto dependerá en buena medida su eficacia.

Todos los contratistas que intervengan en las obras deberán conocer las presentes medidas de mitigación y hacerse responsables de su observancia y cumplimiento.

Enseguida se hace una descripción de las medidas de mitigación para los impactos adversos detectados y que son mitigables.

VI.1 MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

Aire

Durante el desmonte, excavación, nivelación, compactación y almacenamiento de materiales pétreos los trabajadores aplicarán agua por aspersion para disminuir la emisión de partículas sólidas. En los vehículos de transporte de material pétreo y suelo, colocarán lonas o mallas sobre la caja contenedora. En cualquier momento de la obra, queda prohibido la utilización del fuego.

Para evitar excesivas emisiones de humos provenientes de la maquinaria, se le deberá de hacer un mantenimiento preventivo consistente en cambio de aceite y filtros cada 150 hrs. de uso, anotando en la bitácora de mantenimiento el registro de este servicio.

Ruido

Debido a que este fenómeno se presentara solamente durante las etapas de preparación del sitio y construcción es recomendable que el personal de operación emplee el equipo de protección auditiva, con el cual el efecto disminuirá en aproximadamente un 30% las emisiones sonoras, disminuyendo de 95 dB a 57 dB con la cual el efecto sería mitigado.

Las emisiones de ruido producidos por la maquinaria y equipo, serán de carácter temporal, sin que tenga alguna relevancia al entorno ya que a lo largo del trazo existen principalmente zonas de cultivo.

En las áreas cercanas a los poblados, específicamente en Oacalco y Yautepec, se eviitará hacer trabajos nocturnos con el fin de no molestar a los habitantes.

Hidrología superficial y subterránea

Contaminación del agua

La contaminación del agua se dará por la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos (basura doméstica, residuos de varilla, madera o residuos de aceites, gasolina etc). Con el fin de evitar este tipo de afectación, se prohibirá el depósito de estos residuos en los ríos y arroyos cercanos, en particular en el río Yautepec.

No se realizará el lavado de la maquinaria cerca o en alguno de los ríos o canales de riego cercanos al proyecto.

Durante la operación de la carretera se colocaran letreros indicando la prohibición de tirar basura y residuos en el río y en los canales de riego.

Suelo

Estructura y calidad del suelo

Una forma de evitar la pérdida de suelo, será recuperandolo en las áreas en donde se llevará a acabo la ampliación del ancho de corona, para posteriormente utilizarlo en las plantaciones. Los suelos contienen bancos de semillas de las especies de la zona, lo cual al reutilizarlos facilitarán la revegetación, con el fin de evitar su degradación y compactación, se someterán a a un tratamiento de siembra y abonado para compensar la pérdida de materia orgánica y crear un tapiz vegetal que aporte unas condiciones que permitan la subsistencia de la microfauna y microflora originales. Además se recomienda la mezcla de los suelos con la vegetación destruida, puesto que aumenta el contenido en materia orgánica y el banco de semillas.

Se asignarán áreas específicas para el apilamiento de material y el estacionamiento de la maquinaria pesada, con el fin de evitar al máximo la compactación del suelo por estas actividades. Posteriormente estas áreas serán rehabilitadas, descompactando el suelo, reforestando y en caso de que hubieran ocurrido derrames de aceites, grasas y combustibles el suelo será recuperado y dispuesto como residuo peligroso.

Contaminación del suelo

Como se menciona en el capítulo de identificación de impactos, la contaminación del suelo será principalmente por la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos, así como por derrames de aceites, grasas y combustibles.

Con el fin de evitar la defecación al aire libre y la contaminación del suelo, se instalarán sanitarios móviles uno por cada 15 trabajadores, colocados estratégicamente a lo largo del tramo en reparación. La compañía contratista dará el mantenimiento diario durante todo el periodo que dure la obra.

Para el manejo de residuos peligrosos se llevaran a cabo las siguientes actividades:

- Los residuos como filtros de aceite, filtros de gasolina , estopas, impregnadas, trapos usados con aceite, etc, deberán de tener su respectivo recipiente sin mezclarlo con la demás basura, ya que estos son considerados como residuos peligrosos. El aceite quemado será almacenado dentro del mismo tambo surtido, deberá estar cerrado y confinado en un sitio dentro del almacén. Para su disposición final, se contratará lo servicios de un transportista autorizado por la SEMARNAP del estado
- Los contenedores deben estar tapados y con cinturón de seguridad y rotulados con identificación como residuos peligrosos, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas. No se abandonaran residuos sólidos peligrosos en ningún área a lo largo del tramo.
- Se contará con bitácoras para registrar el volumen de residuos peligrosos generados, asimismo el personal que los maneje estará capacitado, tanto en el manejo como en el control de su generación y disposición final.
- En el parque de maquinaria los trabajadores deberán efectuar las actividades de manera ordenada. Las reparaciones mayores de vehículos y maquinaria pesada se realizarán en talleres externos, para evitar derrames de hidrocarburos y lubricantes

Para evitar la contaminación del suelo por residuos domésticos se instalarán tambos vacíos de 200 litros en las áreas donde se encuentre una brigada trabajando, con el fin de evitar que los trabajadores tiren basura y se recojan diariamente, además se realizarán jornadas periodicas en los alrededores del proyecto para levantar la basura dejada por los trabajadores. Se solicitará el servicio de recolección al municipio y se recomienda tramitar los permisos correspondientes ante las autoridades locales para hacer uso del tiradero. La basura doméstica nunca será mezclada con residuos peligrosos.

Los residuos de materiales tales como: pedacería de madera, lámina de aluminio, alambre, varilla, clavos, cementos, cartón y papel serán recolectados por las empresas subcontratistas, las cuales están obligadas a realizar la limpieza.

Vegetación

Durante la ampliación de la corona, en los dos primeros kilómetros del tramo, se cortaran 46 árboles, estos serán sustituidos, las especies que se recomiendan para ello son:

- *Phitecelobium dulce* o guámuchil
- *Acacia cymbispina* o huizache
- *Ipomoea arborescens* o casahuate blanco
- *Lysiloma acapulcensis* o tepehuaje
- *Guazuma ulmifolia* o cuahualote

No se recomienda el uso de frutales debido a que necesitan un mayor cuidado que el resto de las especies. Para la plantación de los árboles se seguirán los siguientes lineamientos con el fin de considerar los requerimientos de visibilidad del tramo en rehabilitación:

- Las plantaciones en el sentido transversal se distribuirán; en primer término una faja de pastos o especies vegetales de altura menor a 0.50 m, otra de amortiguamiento a base de arbustos y finalmente una tercera de árboles cuyo tallo tenga un diámetro mayor a 0.15 m
- La parte exterior de las curvas será marcada con plantaciones siguiendo el criterio de las secciones en tangente (corte y terraplen), de forma que los elementos demarcantes guíen la vista del conductor hacia la curva. La parte interior de la curva quedará libre de árboles que puedan limitar la visibilidad, sembrando pastos en la franja adyacente a la calzada y en el complemento al derecho de vía arbustos.
- No se presentarán obstáculos mayores a los 0.50 m de altura en 11.0 m a partir del eje del camino dejando los siguientes 6.0 m para la plantación de arbustos.

Una vez sembradas las plantas deberán formularse los programas de conservación de las mismas debiendo ser intensivas durante el primer año y posteriormente ir las reduciendo hasta que estas se adapten al lugar.

Antes de sembrar las plantas se crearán las condiciones óptimas (descompactación del suelo, eliminación de residuos de material de construcción obasura, etc) con el fin de que se posibilite en el corto plazo la implantación de especies herbáceas y anuales. Por ninguna razón se deberán realizar desmontes en otras áreas.

Fauna

Durante las obras de rehabilitación se deberá realizar los desmontes únicamente dentro del derecho de vía. Se prohibirá a los trabajadores molestar y cazar aves, lagartijas, serpientes, pequeños mamíferos etc.

Paisaje

Las recomendaciones para disminuir los impactos en este aspecto son:

- Limitar al máximo el apilamiento de materiales y residuos,
- Evitar el esparcimiento de basura por parte de los trabajadores, proporcionándoles contenedores para dicho fin.
- Restauración de la vegetación mediante programas de forestación las áreas colindantes. Estas plantaciones no deben efectuarse de manera sistemática, sino que debe armonizar naturalmente con las condiciones locales, el paisaje, el desarrollo del camino, la topografía y el habitat natural de las plantas, disminuyendo así la artificialidad en conjunto del camino

Tránsito vehicular

Considerando que el proyecto se encuentra ubicado a lo largo de un tramo carretero, las medidas de seguridad y señalización serán realizadas conforme lo establece el siguiente programa:

- Se contará con señalización diurna y nocturna para indicar a los usuarios de la carretera la zona de obras, marcando el inicio del sitio de los trabajos, bloqueo de la carretera, operación de maquinaria pesada, cruceo peatonal y movimiento de materiales; un kilómetro antes y después del sitio de obra.
- El tipo de señalización deberá ser por medio de anuncios luminosos o fluorescentes empleando dibujos apropiados que orienten el tipo de aviso preventivo y por personal que coordine y opere la seguridad en el tramo. El personal deberá de estar equipado con sistema de intercomunicación para la coordinación de maniobras de la maquinaria sobre la carretera y flujo de vehículos al transitar por el sitio.
- Todo el personal deberá estar equipado con chalecos luminosos, casco o gorra, botas de trabajo, banderas de señalización; se deberá contar con personas que indiquen la disminución de la velocidad, control de tránsito y maniobras.
- Dentro de la carretera, la maquinaria deberá de contar con torretas luminosas y alarmas para prevenir a los conductores su ubicación y movimientos que esta realiza.

- Los sitios de acceso, salida o maniobras de equipo y maquinaria deberán de ser señalados con claridad para protección y seguridad tanto de los trabajadores como de las personas que transiten en las proximidades de la obra.
- La señalización, se deberá de mantener desde el inicio de la obra hasta su culminación considerando en la etapa terminal la limpieza del sitio de grava, arena o residuos de asfalto u otro material que pueda provocar algún accidente.
- El suministro de material proveniente de bancos se deberá hacer fuera de los horarios donde se presente mayor aforo vehicular en el día.
- El personal que trabaje en el sitio del proyecto y que por su actividad se encuentre vinculada con la operación de maquinaria, deberá de contar cuando se requiera con equipo de protección auditiva, lentes de protección y mascarilla contra polvos.

Debido a que existe gran afluencia de tractores con semiremolques, se deberán presentar alternativas de comunicación y presentarlas al público mediante anuncio en ambos extremos del tramo a rehabilitar.

Aspectos socioeconómicos

Se sugiere que la obtención de los insumos para el desarrollo de la obra, sean proporcionados por establecimientos de la zona, así como la obtención de mano de obra para beneficiar a la economía de la región y abatir costos de construcción.

Con el fin de evitar accidentes dentro del área de trabajo se deberán contemplar los siguientes aspectos.

- se tendrá un botiquín de primeros auxilios para atención de accidentes menores.
- conocerán y respetarán las señalizaciones y medidas de seguridad para prevenir cualquier accidente durante la realización de las obras del proyecto
- respetarán las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas establecidas en las normas oficiales correspondientes.
- el combustible almacenado deberá estar identificado y señalado junto con un tambo de arena y dos extinguidores. El suministro de combustible a la maquinaria y equipos se tendrá que realizar con equipo apropiado lejos de zonas habitacionales y dentro del derecho de vía antes de empezar los trabajos; queda prohibido el suministro de combustible durante la operación de la maquinaria o equipos.
- se deberá contar con dos extinguidores de espuma y dos tambos de arena que se ubicarán en el almacén cerca del confinamiento temporal de combustibles.

- en caso de que se requiera realizar trabajos nocturnos, se deberá de tramitar el permiso correspondiente, para tal efecto, los mismos serán tramitados por el gestor de la obra ante las autoridades correspondientes.
- el personal contratado para la obra, tendrá que seguir las disposiciones de seguridad y hábitos en el trabajo que les sean indicadas por la subcontratista y por el personal de SCT.

Uso del suelo

Este se verá afectado principalmente por el cambio de uso, sin embargo a este respecto no existe ninguna medida de mitigación, en lo que se refiere a la afectación de los propietarios, se deberá llegar a un convenio con los mismos para su indemnización o cambio de tierras por otras.

Infraestructura

Durante la rehabilitación del tramo se llegará a un convenio con los dueños de los canales de riego o con los representantes del distrito de riego con el fin de disminuir las afectaciones que pudieran ocasionar la obra. En lo que se refiere a los postes de luz se llegará a un convenio con Comisión Federal de Electricidad con el fin de determinar, los sitios en donde serán reubicados y la forma en que se dará aviso a los usuarios afectados.

VI.2. MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN.

Este tramo deberá de tener un mantenimiento para evitar la acumulación de basura en el derecho de vía, además de dar el mantenimiento adecuado a las obras de drenaje con el fin de evitar daños a la misma carretera.

En lo que se refiere al incremento de ruido y accidente en los centros de población, se instalarán señalamientos de disminución de velocidad y cierre de escapes para disminuir el ruido.

VI.3. MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN LA ETAPA DE ABANDONO.

Las obras de reconstrucción de la carretera, no implica una etapa de abandono la cual está considerada como permanente sin que se genere impacto ambiental alguno.

ANEXO II

Evaluación de impacto ambiental del caso de estudio¹: empleando el sistema

Los reportes se agrupan de acuerdo a las categorías:

1. Información del proyecto sin capturar:

- Importancia para las interacciones entre factores y acciones.
- Magnitud de impactos: factores vs. acciones.
- Importancia para las interacciones entre factores y medidas *.
- Magnitud de impactos: factores vs. acciones.

2. Evaluación cualitativa:

- Importancia de impactos con medidas de mitigación y normas.
- Importancia de impactos con descripción del impacto de las medidas de mitigación.

3. Evaluación cuantitativa:

- Importancia y magnitud en cada interacción sin medidas de mitigación.
- Predicción de impactos en unidades inconmensurables sin medidas de mitigación.
- Valoración de impactos sin medidas de mitigación.

4. Impactos indirectos

¹ De las cuatro categorías de reportes, la primera sirve de apoyo al evaluador. Las otras tres corresponden a la evaluación.

* Este reporte no se muestra en el anexo.

Interacciones entre factores ambientales y acciones impactantes sin parámetros para la importancia

ID_P

1

Nombre Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

Interacciones:

<u>ID_F</u>	<u>Factor impactado</u>	vs.	<u>ID_A</u>	<u>Acción</u>
47	Empleo		B	Contratación de mano de obra

Interacciones entre factores y acciones sin magnitud

ID_P 1

Nombre proyecto Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco
 Descripción Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

Interacciones:

<u>ID_A</u>	<u>Acción</u>	vs.	<u>ID_F</u>	<u>Factor impactado</u>
BB	Abandono del sitio		03	Calidad del aire
BB	Abandono del sitio		09	Calidad del agua
BB	Abandono del sitio		13	Erosión
DD	Operación de la carretera		03	Calidad del aire
DD	Operación de la carretera		45	Riesgos a la población
DD	Operación de la carretera		50	Comunicaciones
F	Almacenamiento de materiales		03	Calidad del aire
F	Almacenamiento de materiales		10	Estructura del suelo
L	Desmante y despalde		01	Clima y microclima
GG	Expropiación de terrenos		32	Agropecuario
L	Desmante y despalde		03	Calidad del aire
L	Desmante y despalde		11	Volumen del suelo
Q	Transporte de materiales		03	Calidad del aire
R	Abastecimientos de lubricantes y combustibles		12	Calidad del suelo
S	Empleo de maquinaria y equipo		03	Calidad del aire
S	Empleo de maquinaria y equipo		09	Calidad del agua
S	Empleo de maquinaria y equipo		10	Estructura del suelo
S	Empleo de maquinaria y equipo		12	Calidad del suelo
S	Empleo de maquinaria y equipo		13	Erosión
U	Disposición de material sobrante		10	Estructura del suelo
W	Riesgo de impregnación y asfalto de carretera		01	Clima y microclima
Z	Instalación de señalamiento horizontal y vertical		45	Riesgos a la población

Interacciones entre medidas y factores sin magnitud

ID P: 1

Nombre: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

Interacciones:

ID M	Medida de mitigación	vs.	ID F	Factor impactado
A	Indemnización		48	Economía Local
B	Contratación de mano de obra local		47	Empleo
C	Instalación de baños portátiles y/o letrinas		09	Calidad del agua
C	Instalación de baños portátiles y/o letrinas		45	Riesgos a la población
D	Riego de las áreas de trabajo		03	Calidad del aire
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		03	Calidad del aire
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		06	Dinámica del escurrimiento
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		10	Estructura del suelo
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		14	Cobertura de la vegetación
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		15	Arboles
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		16	Arbustos
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		17	Herbáceas
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		18	Mamíferos
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		19	Aves
E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales		20	Reptiles
F	Recuperación y almacenamiento temporal de la capa edáfica		11	Volumen del suelo
G	Descompactación		10	Estructura del suelo
H	Elaboración e implementación de un programa de reforestación		14	Cobertura de la vegetación
H	Elaboración e implementación de un programa de reforestación		15	Arboles
H	Elaboración e implementación de un programa de reforestación		16	Arbustos
I	Rectificación del trazo		15	Arboles
K	Limpieza del sitio		09	Calidad del agua
K	Limpieza del sitio		12	Calidad del suelo
L	Retiro de equipo y maquinaria		09	Calidad del agua
L	Retiro de equipo y maquinaria		12	Calidad del suelo
M	Construcción de obras para el control de la erosión		11	Volumen del suelo
N	Trabajo en horas hábiles		45	Riesgos a la población
O	Revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria		03	Calidad del aire
O	Revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria		12	Calidad del suelo
P	Formulación e implementación de planes y medidas de emergencia para vertidos accidentales		09	Calidad del agua
P	Formulación e implementación de planes y medidas de emergencia para vertidos accidentales		12	Calidad del suelo
Q	Ubicación y protección de las áreas susceptibles a la erosión		11	Volumen del suelo
R	Uso y disposición adecuada para los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles		09	Calidad del agua
R	Uso y disposición adecuada para los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles		12	Calidad del suelo
S	Disposición adecuada de residuos domésticos		09	Calidad del agua
S	Disposición adecuada de residuos domésticos		12	Calidad del suelo
T	Disposición adecuada de residuos peligrosos		09	Calidad del agua
T	Disposición adecuada de residuos peligrosos		12	Calidad del suelo
U	Colocación de lonas o mallas sobre la caja contenedora de los camiones		03	Calidad del aire

Interacciones:

<u>ID</u>	<u>M</u>	<u>Medida de mitigación</u>	vs.	<u>ID</u>	<u>F</u>	<u>Factor impactado</u>
		transportadores de materiales.				
V		Construcción de barreras acústicas		45		Riesgos a la población
W		Orientación de las vías		03		Calidad del aire
X		Construcción de pasos elevados e inferiores		18		Mamíferos
X		Construcción de pasos elevados e inferiores		45		Riesgos a la población
Y		Construcción de vallas		18		Mamíferos
Y		Construcción de vallas		20		Reptiles
Z		Limitaciones de velocidad		18		Mamíferos
Z		Limitaciones de velocidad		45		Riesgos a la población

EVALUACIÓN CUALITATIVA

Importancia factores ambientales con medidas de mitigación y normas ecológicas

Orden: Factores con mayor impacto (Importancia)

ID P: 1

Nombre: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

D F	Factor impactado	Importancia	ID M	Medida de mitigación	Importancia Medidas	Importancia Neta	Norma Ecológica
3	Calidad del aire	-112	D	Riego de las áreas de trabajo	11	-45	Sin norma
			E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11		
			O	Revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria	13		
			U	Colocación de lonas o mallas sobre la caja contenedora de los camiones transportadores de materiales.	13		
			W	Orientación de las vías	19		
					67		
0	Estructura del suelo	-66	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11	-44	Sin norma
			G	Descompactación	11		
					22		
1	Clima y microclima	-55				-55	Sin norma
9	Calidad del agua		C	Instalación de baños portátiles y/o letrinas	11		
			K	Limpieza del sitio	22		
			L	Retiro de equipo y maquinaria	22		
			P	Formulación e implementación de planes y medidas de emergencia para vertidos accidentales	20		
			R	Uso y disposición adecuada para los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles	16		
			S	Disposición adecuada de residuos domésticos	16		

<u>D F</u>	<u>Factor impactado</u>	<u>Importancia</u>	<u>ID M</u>	<u>Medida de mitigación</u>	<u>Importancia</u> <u>Medidas</u>	<u>Importancia</u> <u>Neta</u>	<u>Norma Ecológica</u>
		-53	T	Disposición adecuada de residuos peligrosos	16 123	70	Sin norma
3	Erosión	-50				-50	Sin norma
2	Ruido	-46				-46	Sin norma
2	Calidad del suelo	-42	K	Limpieza del sitio	22		
			L	Retiro de equipo y maquinaria	20		
			O	Revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria	14		
			P	Formulación e implementación de planes y medidas de emergencia para vertidos accidentales	20		
			R	Uso y disposición adecuada para los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles	16		
			S	Disposición adecuada de residuos domésticos	16		
			T	Disposición adecuada de residuos peligrosos	16		
					124	82	Sin norma
8	Mamíferos	-41	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	14		
			X	Construcción de pasos elevados e inferiores	17		
			Y	Construcción de vallas	19		
			Z	Limitaciones de velocidad	19		
					69	28	NOM-059-ECOL-1994
9	Aves	-41	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	14		
					14	-27	NOM-059-ECOL-1994
0	Reptiles		E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	14		

D F	Factor impactado	Importancia	ID M	Medida de mitigación	Importancia Medidas	Importancia Neta	Norma Ecológica
		-41	Y	Construcción de vallas	19 33	-8	NOM-059-ECOL-1994
4	Cobertura de la vegetación	-40	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11		
			H	Elaboración e implementación de un programa de reforestación	20 31	-9	Sin norma
5	Arbustos	-39	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11		
			H	Elaboración e implementación de un programa de reforestación	19 30	-9	NOM-059-ECOL-1994
	Herbáceas	-31	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11 11	-20	NOM-059-ECOL-1994
	Volumen del suelo	-25	F	Recuperación y almacenamiento temporal de la capa edáfica	20		
			M	Construcción de obras para el control de la erosión	22		
			Q	Ubicación y protección de las áreas susceptibles a la erosión	16 58	33	Sin norma
	Agropecuario	-8				-8	Sin norma
	Riesgos a la población		C	Instalación de baños portátiles y/o letrinas	11		
			N	Trabajo en horas hábiles	14		
			V	Construcción de barreras acústicas	19		
			X	Construcción de pasos	22		

<u>D F</u>	<u>Factor impactado</u>	<u>Importancia</u>	<u>ID M</u>	<u>Medida de mitigación</u>	<u>Importancia Medidas</u>	<u>Importancia Neta</u>	<u>Norma Ecológica</u>
		2	Z	elevados e inferiores Limitaciones de velocidad	19 85	87	Sin norma
0	Comunicaciones	30				30	Sin norma

EVALUACIÓN CUALITATIVA

Importancia factores ambientales con medidas de mitigación y descripción del impacto de la medida de mitigación

Orden: Factores con mayor impacto (Importancia)

ID P: 1

Nombre: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

ID F	Factor impactado/Importancia	Impacto de la medida de mitigación/ ID M	Medida de mitigación	Importancia	Importancia	
				Medidas	Neta	
3	Calidad del aire	Disminución de la emisión de polvos en el área de trabajo. Indirectamente, minimiza las molestias generadas por partículas a los trabajadores y a la población circundante y se disminuye el riesgo de afectación a las vías respiratorias de las personas mas susceptibles (niños, personas de la tercera, asmáticas y alérgicos). Se minimiza la generación y dispersión de partículas al disminuir el número de fuentes generadoras y al considerar factores ambientales como la dirección del viento. Disminución de la contaminación del aire por la emisión de gases de combustión. Evita la dispersión de partículas a lo largo del trayecto de los camiones. Indirectamente, evita las molestias a las poblaciones de localidades cercanas, así como a los usuarios de las carreteras por donde transitan los camiones. Contribuye a la dispersión de los contaminantes.	D	Riego de las áreas de trabajo	11	-112
			E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11	
			O	Revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria	13	
			U	Colocación de lonas o mallas sobre la caja contenedora de los camiones transportadores de materiales.	13	
			W	Orientación de las vías	19	
				67	-45	
9	Estructura del suelo	Disminuye la superficie afectada y que los suelos afectados sean los de menor calidad. Recuperación de la estructura del suelo en aquellas áreas afectadas por compactación durante el movimiento de maquinarias y el almacenamiento de materiales.	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11	-66
			G	Descompactación	11	
					22	

<u>D F</u>	<u>Factor impactado</u>	<u>Importancia</u>	<u>Impacto de la medida de mitigación</u>	<u>ID M</u>	<u>Medida de mitigación</u>	<u>Importancia Medidas</u>	<u>Importancia Neta</u>
1	Clima y microclima	-55					-55
9	Calidad del agua	-53	Evita la contaminación del agua por coliformes.	C	Instalación de baños portátiles y/o letrinas	11	123
			Disminución del riesgo afectación de la calidad del agua, eliminando fuentes potenciales de contaminación.	K	Limpieza del sitio	22	
			Elimina las fuentes potenciales de contaminación de hidrocarburos.	L	Retiro de equipo y maquinaria	22	
			Recuperación de la calidad del agua.	P	Formulación e implementación de planes y medidas de emergencia para vertidos accidentales	20	
			Disminución de los riesgos de la contaminación del agua.	R	Uso y disposición adecuada para los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles	16	
			Evita la contaminación del agua de ríos, arroyos y/o cuerpos de agua cercanos. Indirectamente, evita riesgos a la salud de las poblaciones que utilizan los cuerpos de agua, para consumo directo, actividades recreativas, etc.	S	Disposición adecuada de residuos domésticos	16	
			Evita la contaminación del agua por los escurrimientos provenientes de residuos peligrosos o por la disposición directa de estos residuos en los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, presas, etc.)	T	Disposición adecuada de residuos peligrosos	16	
		-53				123	70
3	Erosión	-50					-50
2	Ruido	-46					-46
2	Calidad del suelo		Disminución del riesgo de afectación a la calidad del suelo	K	Limpieza del sitio	22	

D F	Factor impactado	Importancia	Impacto de la medida de mitigación	ID M	Medida de mitigación	Importancia Medidas	Importancia Neta
			eliminando fuentes potenciales de contaminación.				
			Elimina las fuentes potenciales de contaminación de hidrocarburos.	L	Retiro de equipo y maquinaria	20	
			Disminución del riesgo de contaminación por derrames de combustibles y aceites.	O	Revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria	14	
			Recuperación de la calidad del suelo.	P	Formulación e implementación de planes y medidas de emergencia para vertidos accidentales	20	
			Disminución de los riesgos de la contaminación del suelo.	R	Uso y disposición adecuada para los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles	16	
			Evita la contaminación del suelo. Indirectamente, evita la proliferación de fauna nociva, malos olores y evita el deterioro del paisaje.	S	Disposición adecuada de residuos domésticos	16	
			Evita la contaminación del suelo.	T	Disposición adecuada de residuos peligrosos	16	
		-42				124	82
8	Mamíferos		Protección de madrigueras.	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	14	
			Disminución de la tasa de mortalidad por atropellamiento, el efecto barrera, puede llegar a ser contraproducente en las áreas donde se realiza cacería furtiva. La efectividad de esta medida para poblaciones silvestres es limitada.	X	Construcción de pasos elevados e inferiores	17	
			Disminución de la tasa de mortalidad por atropellamiento. Es una medida complementaria a la construcción de los pasos inferiores y superiores, de no realizarse de manera combinada, puede ser contraproducente al contribuir al aislamiento de poblaciones.	Y	Construcción de vallas	19	
			Disminución de la tasa de mortalidad por atropellamiento.	Z	Limitaciones de velocidad	19	
		-41				69	28
9	Aves		Protección de zonas de anidación.	E	Ubicación previa de los	14	

<u>D F</u>	<u>Factor impactado</u>	<u>Importancia</u>	<u>Impacto de la medida de mitigación</u>	<u>ID M</u>	<u>Medida de mitigación</u>	<u>Importancia Medidas</u>	<u>Importancia Neta</u>
		-41			sitios de almacenamiento de materiales	14	-27
0	Reptiles		Protección de zonas de anidación.	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	14	
		-41	Disminución de la tasa de mortalidad por atropellamiento.	Y	Construcción de vallas	19	-8
						33	
4	Cobertura de la vegetación		Protege las áreas con cubierta vegetal preferentemente las que presentan vegetación primaria.	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11	
		-40	Recuperación de las áreas afectadas por el almacenamiento de materiales y por otro compensar las áreas con cubierta vegetal pérdidas por la construcción de la carretera.	H	Elaboración e implementación de un programa de reforestación	20	-9
						31	
6	Arbustos		Disminución al máximo el número de individuos afectados y proteger aquellos de valor ecológico.	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11	
		-39	Compensación del número de individuos eliminados o dañados durante la preparación del sitio y construcción de la carretera.	H	Elaboración e implementación de un programa de reforestación	19	-9
						30	
7	Herbáceas		Disminución de la superficie afectada.	E	Ubicación previa de los sitios de almacenamiento de materiales	11	
		-31				11	-20
1	Volumen del suelo		Evita la pérdida de grandes volúmenes de suelo.	F	Recuperación y almacenamiento temporal de la capa edáfica	20	
		-25	Disminución de la pérdida del suelo provocado por la erosión.	M	Construcción de obras para el control de la erosión	22	
			Disminución de la pérdida de suelo.	Q	Ubicación y protección de las áreas susceptibles a la erosión	16	
						58	33

<u>ID F</u>	<u>Factor impactado</u>	<u>Importancia</u>	<u>Impacto de la medida de mitigación</u>	<u>ID M</u>	<u>Medida de mitigación</u>	<u>Importancia Medidas</u>	<u>Importancia Neta</u>
32	Agropecuario	-8					-8
45	Riesgos a la población	2	Disminuye los riesgos de propagación de enfermedades gastrointestinales. Además que indirectamente disminuye las fuentes de contaminación del aire por partículas. Minimizar las molestias a las poblaciones circundantes en donde se realiza la obra. Disminución de los niveles sonoros a fin de evitar la afectación de la salud de los pobladores de las localidades cercanas a la vía de comunicación. Disminución de la frecuencia de accidentes y disminuye el aislamiento de las localidades. Disminución de la frecuencia de accidentes.	C N V X Z	Instalación de baños portátiles y/o letrinas Trabajo en horas hábiles Construcción de barreras acústicas Construcción de pasos elevados e inferiores Limitaciones de velocidad	11 14 19 22 19 85	87
50	Comunicaciones	30					30

Evaluación de impactos: medida de importancia

mostrada en cada interacción con la magnitud del impacto sin medidas de mitigación

ID P: 1

bre del proyecto: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

D F:01 Factor: Clima y microclim MedioAire

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	M
							+1	+4			
L	Desmonte y despalme	-1	Baja 1	Puntual 1	N	Inmediato 4	N N	ermanante 8	Irreversible 8	-25	
W	Riesgo de impregnación y asfalto de	-1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	ermanante 8	Irreversible 8	-30	
										-55.00	

D F:02 Factor: Ruido MedioAire

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	M
							+1	+4			
DD	Operación de la carretera	-1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	ermanante 8	Irreversible 8	-30	8
S	Empleo de maquinaria y equipo	-1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	Fugaz 1	Corto plazo 1	-16	10
										-46.00	

D F:03 Factor: Calidad del aire MedioAire

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	M
							+1	+4			
BB	Abandono del sitio	-1	Baja 1	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	Temporal 2	Largo plazo 4	-17	
DD	Operación de la carretera	-1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	ermanante 8	irrecuperable 20	-42	
F	Almacenamiento de materiales	-1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	Fugaz 1	Corto plazo 1	-16	
L	Desmonte y despalme	-1	Baja 1	Puntual 1	N	Inmediato 4	N N	Fugaz 1	Corto plazo 1	-11	
Q	Transporte de materiales	-1	Baja 1	Parcial 2	N	Largo plazo 1	N N	Fugaz 1	Corto plazo 1	-10	
S	Empleo de maquinaria y equipo	-1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	Fugaz 1	Corto plazo 1	-16	
										112.00	

D F:09 Factor: Calidad del agua MedioHidrología

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	M
							+1	+4			
BB	Abandono del sitio	-1	Baja 1	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	Pertinaz 4	Largo plazo 4	-19	
S	Empleo de maquinaria y equipo	-1	Media 2	Extenso 4	N	Inmediato 4	N N	ermanante 8	Irreversible 8	-34	
										-53.00	

D F:10 Factor: Estructura del sue MedioSuelo

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	M
							+1	+4			
F	Almacenamiento de materiales	-1	Alta 4	Puntual 1	N	Inmediato 4	N N	Temporal 2	Largo plazo 4	-24	
S	Empleo de maquinaria y equipo	-1	Baja 1	Puntual 1	N	Inmediato 4	N N	Pertinaz 4	Largo plazo 4	-17	
U	Disposición de material sobrante	-1	Baja 1	Puntual 1	N	Inmediato 4	N N	ermanante 8	Irreversible 8	-25	
										-66.00	

D F:11 Factor: Volumen del suel MedioSuelo

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	M
							+1	+4			
L	Desmonte y despalme	-1	Baja 1	Puntual 1	N	Inmediato 4	N N	ermanante 8	Irreversible 8	-25	
										-25.00	

D F:12 Factor: Calidad del suelo MedioSuelo

ID P: 1

del proyecto: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
R	Abastecimientos de lubricantes y con	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	Pertinaz	4	Largo plazo	4	-17	
S	Empleo de maquinaria y equipo	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	
																-42.00	

F:13 Factor: Erosión Medio Suelo

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
BB	Abandono del sitio	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	
S	Empleo de maquinaria y equipo	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	
																-50.00	

F:14 Factor: Cobertura de la ve Medio Flora

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
F	Almacenamiento de materiales	-1	Media	2	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	Temporal	2	Corto plazo	1	-15	Nad
U	Disposición de material sobrante	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	Nad
																-40.00	

F:16 Factor: Arbustos Medio Flora

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
F	Almacenamiento de materiales	-1	Media	2	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	Fugaz	1	Corto plazo	1	-14	Nad
U	Disposición de material sobrante	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	Nad
																-39.00	

F:17 Factor: Herbáceas Medio Flora

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
F	Almacenamiento de materiales	-1	Media	2	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	Fugaz	1	Corto plazo	1	-14	Nad
U	Disposición de material sobrante	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	Pertinaz	4	Largo plazo	4	-17	Nad
																-31.00	

F:18 Factor: Mamíferos Medio Fauna

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
DD	Operación de la carretera	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	Nad
F	Almacenamiento de materiales	-1	Media	2	Parcial	2	N	Inmediato	4	N	N	Fugaz	1	Corto plazo	1	-16	Nad
																-41.00	

F:19 Factor: Aves Medio Fauna

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
DD	Operación de la carretera	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	Nad
F	Almacenamiento de materiales	-1	Media	2	Parcial	2	N	Inmediato	4	N	N	Fugaz	1	Corto plazo	1	-16	Nad
																-41.00	

F:20 Factor: Reptiles Medio Fauna

ID_A	Acción	Signo	Intensidad	Extensión	(crítico)	Momento	(crítico)	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	N						
							+1 +4										
DD	Operación de la carretera	-1	Baja	1	Puntual	1	N	Inmediato	4	N	N	ermanente	8	Irreversible	8	-25	Nad

ID P: 1

Nombre del proyecto: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

F	Almacenamiento de materiales	-1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	Fugaz 1	Corto plazo 1	-16	Nad	-41.00					
<hr/>																	
F:32		Factor: Agropecuario		Medio Usos del territorio													
ID_A Acción		Signo		Intensidad		Extensión (crítico)		Momento (crítico)		Persistencia		Reversibilidad		Importancia		N	
													+1 +4				
GG	Expropiación de terrenos	-1	Baja 1	Puntual 1	N	Largo plazo 1	N N	Fugaz 1	Corto plazo 1	-8		-8.00					
<hr/>																	
F:45		Factor: Riesgos a la pobla		Medio Población													
ID_A Acción		Signo		Intensidad		Extensión (crítico)		Momento (crítico)		Persistencia		Reversibilidad		Importancia		N	
													+1 +4				
DD	Operación de la carretera	-1	Media 2	Puntual 1	N	Inmediato 4	N N	Permanente 8	Irrecuperable 20	-40							
Z	Instalación de señalamiento horizontal	1	Media 2	Total 8	N	Inmediato 4	N N	Permanente 8	Irreversible 8	42		2.00					
<hr/>																	
F:50		Factor: Comunicaciones		Medio Infraestructura													
ID_A Acción		Signo		Intensidad		Extensión (crítico)		Momento (crítico)		Persistencia		Reversibilidad		Importancia		N	
													+1 +4				
DD	Operación de la carretera	1	Media 2	Parcial 2	N	Inmediato 4	N N	Permanente 8	Irreversible 8	30		30.00					

Evaluación cuantitativa sin medidas de mitigación

Predicción de impactos

ID P: 1

Nombre: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

<u>ID F</u>	<u>Factor impactado</u>	<u>Indicador</u>	<u>Magnitud inconm.</u>	<u>Importancia Total</u>
02	Ruido	dB	100.00	-16.00
				-16.00
02	Ruido	dB	80.00	-30.00
				-30.00
16	Arbustos	Lingüístico	2.79	-39.00
				-39.00
14	Cobertura de la vegetación	Lingüístico	2.67	-40.00
				-40.00
18	Mamíferos	Lingüístico	2.56	-41.00
19	Aves	Lingüístico	2.56	-41.00
20	Reptiles	Lingüístico	2.56	-41.00
				-123.00
17	Herbáceas	Lingüístico	2.21	-31.00
				-31.00

Evaluación cuantitativa sin medidas de mitigación

Valoración de impactos

ID P: 1

Nombre: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

<u>ID F</u>	<u>Factor impactado</u>	<u>Nombre FT</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Valor de impacto</u>	<u>Coefficiente</u>	<u>Ponderación</u>	<u>Impacto Total</u>
02	Ruido	Ninguno	80.00	0.00	0	0.00	0.00
14	Cobertura de la vegetación	Ninguno	2.67	0.00	0	0.00	0.00
16	Arbustos	Ninguno	2.79	0.00	0	0.00	0.00
17	Herbáceas	Ninguno	2.21	0.00	0	0.00	0.00
18	Mamíferos	Escalon	2.56	1.37	0	0.00	0.00
19	Aves	Escalon	2.56	1.37	0	0.00	0.00
20	Reptiles	Escalon	2.56	1.37	0	0.00	0.00

Impactos Indirectos

ID P: 1

Nombre: Rehabilitación de la estructura del pavimento del libramiento Yautepec-Oacalco

Descripción: Ampliación a 2 carriles de circulación de 3.5m con acotamientos laterales de 1.4m excepto en zona urbana

ID_F	Factor impactado	tipo de medio impactado	ID_F	Factor impactante	tipo de medio impactante	Referencia
48	Economía Local	Economía	47	Empleo	Población	Se crearán empleos para cubrir los servicios que necesitan los trabajadores locales y externos.

Anexo III

Base de datos

Tabla: Acciones

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_A	Texto	50
Acción	Texto	255
Fase	Texto	50
Sinónimos	Memo	-
Foto	Objeto OLE	-

Relaciones

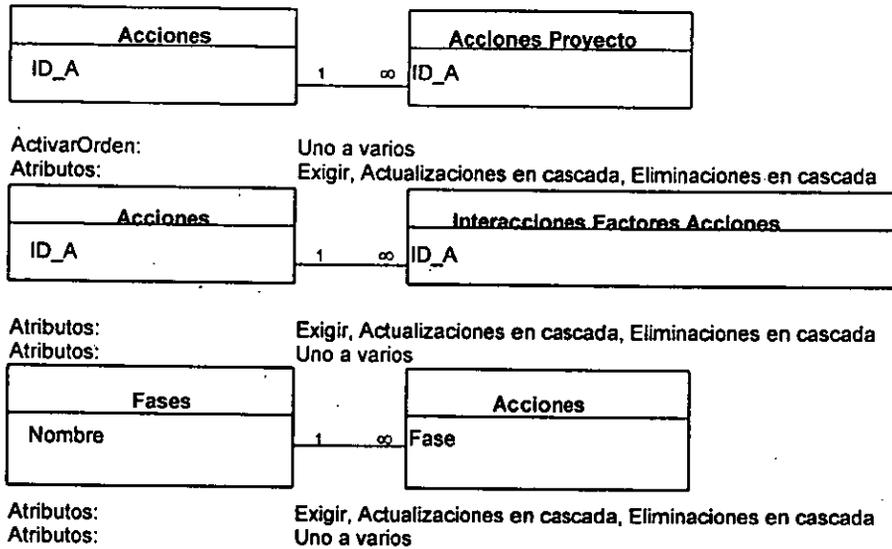
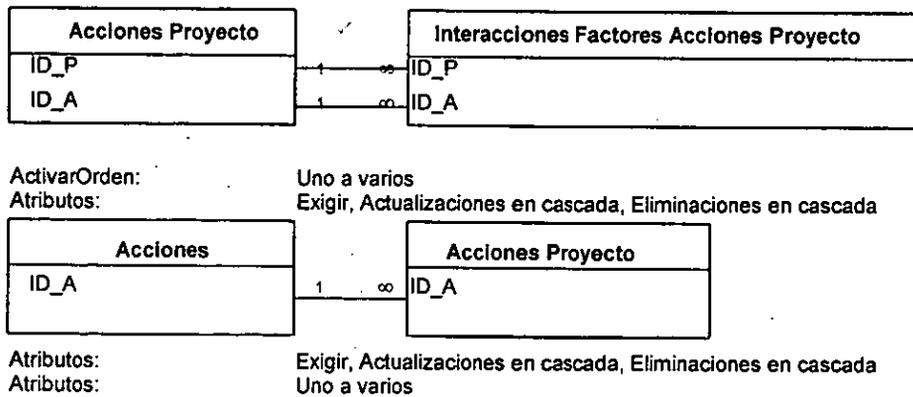


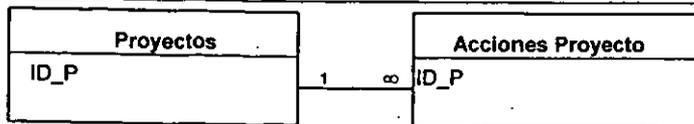
Tabla: Acciones Proyecto

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_A	Texto	50

Relaciones





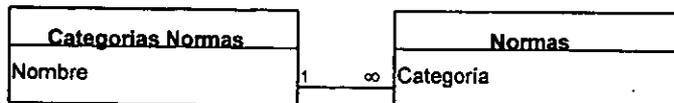
Atributos:
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Uno a varios

Tabla: Categorías Normas

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Nombre	Texto	50

Relaciones



ActivarOrden:
 Atributos: Uno a varios
 Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada

Tabla: Extensión

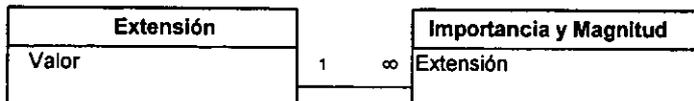
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Tipo	Texto	50
Valor	Número (largo)	4

Relaciones



ActivarOrden:
 Atributos: Uno a varios
 Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



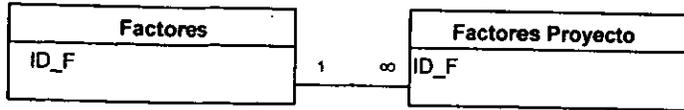
Atributos:
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Uno a varios

Tabla: Factores

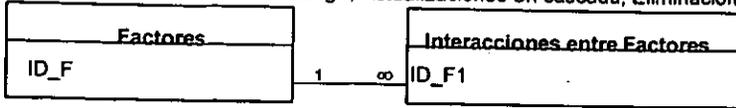
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_F	Texto	50
Factor impactado	Texto	255
Tipo de Medio	Texto	50
Clave Norma	Texto	50
Indicador	Texto	50
ID_FT	Texto	50
Sinónimos	Memo	-
Foto	Objeto OLE	-

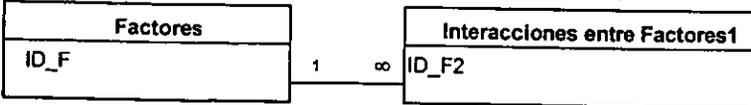
Relaciones



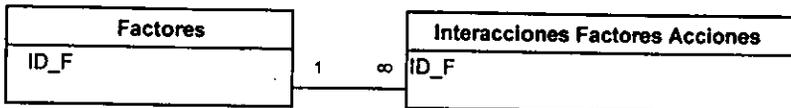
ActivarOrden: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



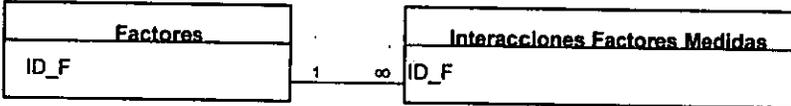
Atributos: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



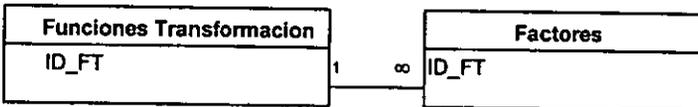
Atributos: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



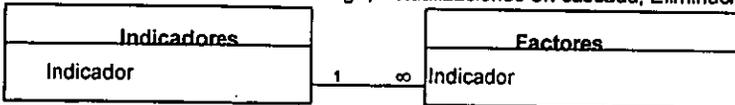
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



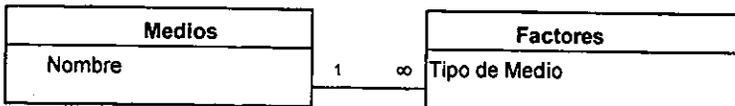
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



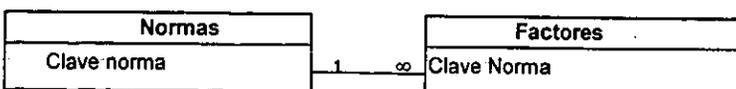
Atributos: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



Atributos: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



Atributos: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



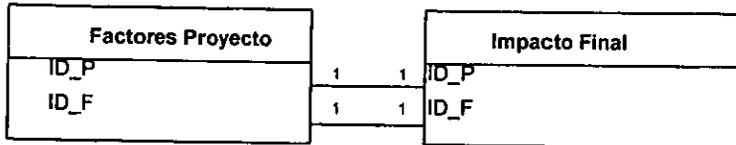
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios

Tabla: Factores Proyecto

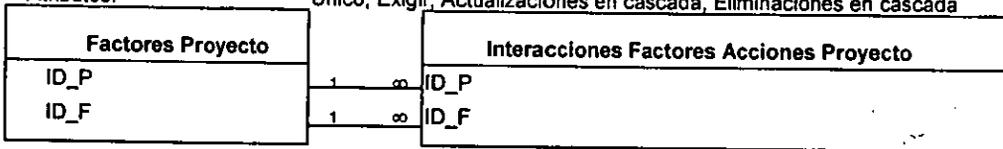
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_F	Texto	50

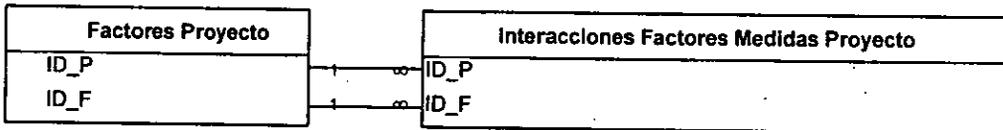
Relaciones



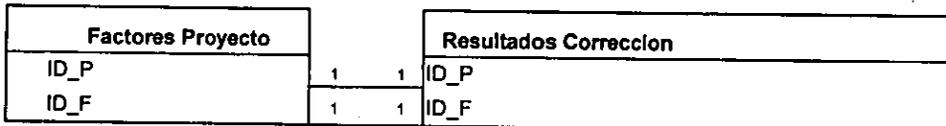
ActivarOrden: Uno a uno
 Atributos: Único, Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



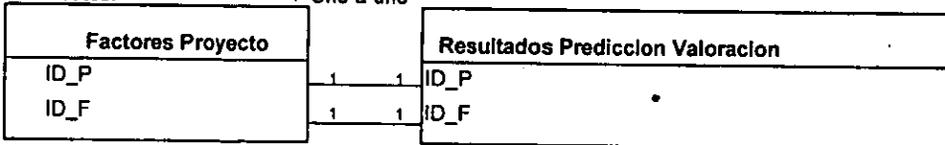
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



Atributos: Único, Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a uno



Atributos: Único, Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a uno



Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



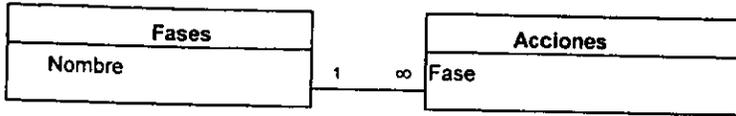
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios

Tabla: Fases

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Nombre	Texto	50

Relaciones



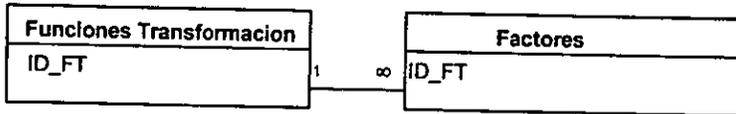
ActivarOrden: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada

Tabla: Funciones Transformacion

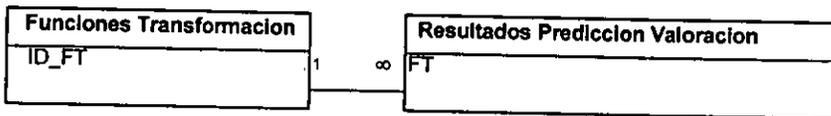
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_FT	Texto	50
Nombre	Texto	50

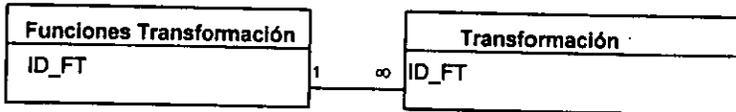
Relaciones



ActivarOrden: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



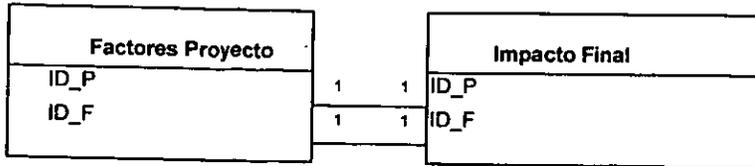
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios

Tabla: Impacto Final

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_F	Texto	50
Impacto Final	Número (largo)	4
Sistema de Alerta	Número (largo)	4

Relaciones



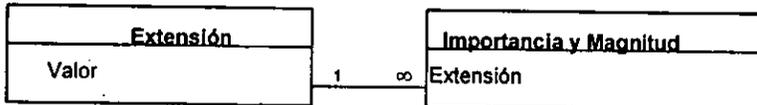
ActivarOrden: Uno a uno
 Atributos: Único, Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada

Tabla: Importancia y Magnitud

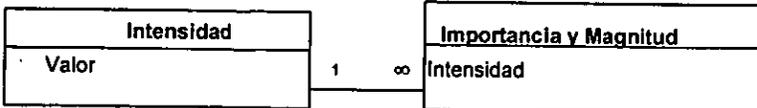
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_F	Texto	50
ID_A	Texto	50
Signo	Número (largo)	4
Intensidad	Número (largo)	4
Extensión	Número (largo)	4
Extensión crítico	SI/No	1
Momento	Número (largo)	4
Momento crítico 1	SI/No	1
Momento crítico 2	SI/No	1
Persistencia	Número (largo)	4
Reversibilidad	Número (largo)	4
Importancia	Número (largo)	4
Permanente	SI/No	1
Bandera Roja	SI/No	1
Magnitud CON	Texto	50
Explica Magnitud CON	Memo	-
Magnitud SIN	Texto	50
Explica Magnitud SIN	Memo	-
Fase	Texto	50

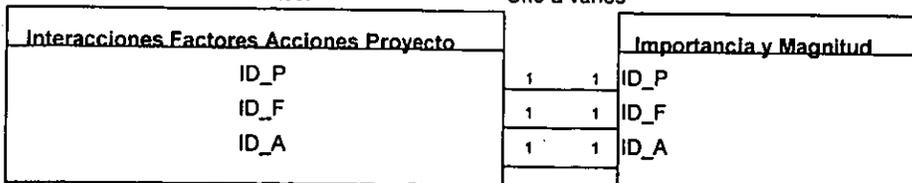
Relaciones



ActivarOrden: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



Atributos: Único, Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a uno

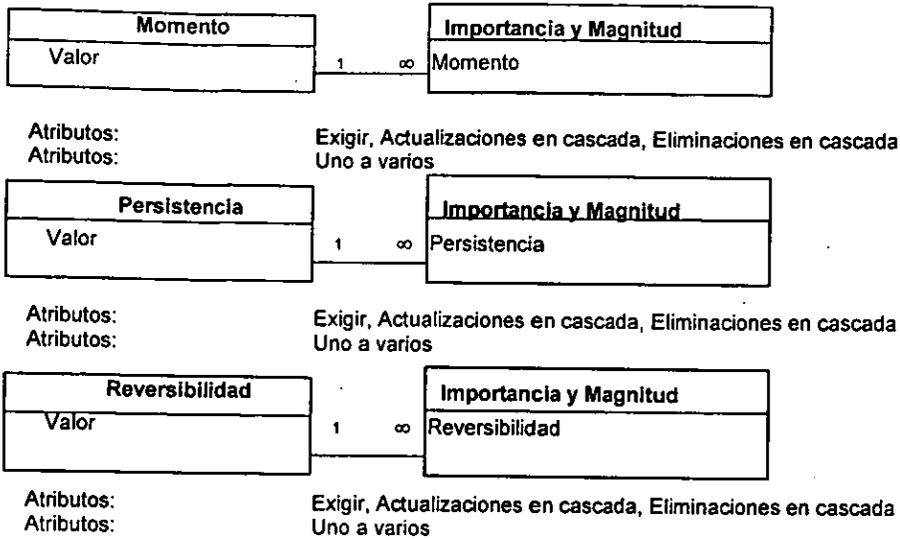
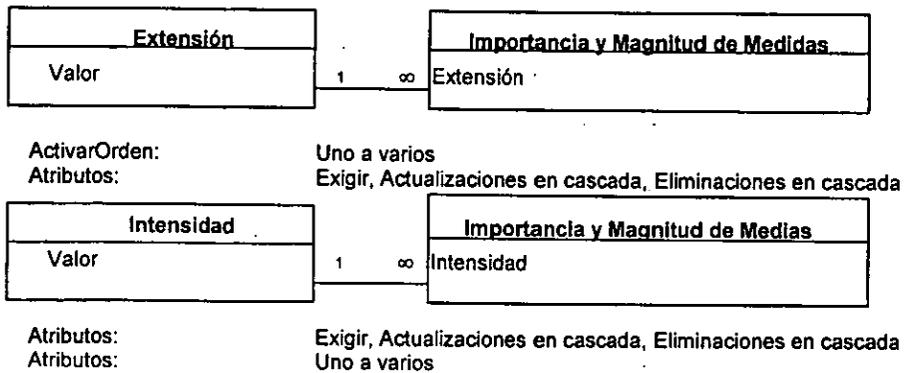


Tabla: Importancia y Magnitud de Medidas

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_F	Texto	50
ID_M	Texto	50
Signo	Número (largo)	4
Intensidad	Número (largo)	4
Extensión	Número (largo)	4
Extensión crítico	Si/No	1
Momento	Número (largo)	4
Momento crítico 1	Si/No	1
Momento crítico 2	Si/No	1
Persistencia	Número (largo)	4
Reversibilidad	Número (largo)	4
importancia	Número (largo)	4
Magnitud CON	Texto	50
Explica Magnitud CON	Memo	-
Magnitud SIN	Texto	50
Explica Magnitud SIN	Memo	-

Relaciones



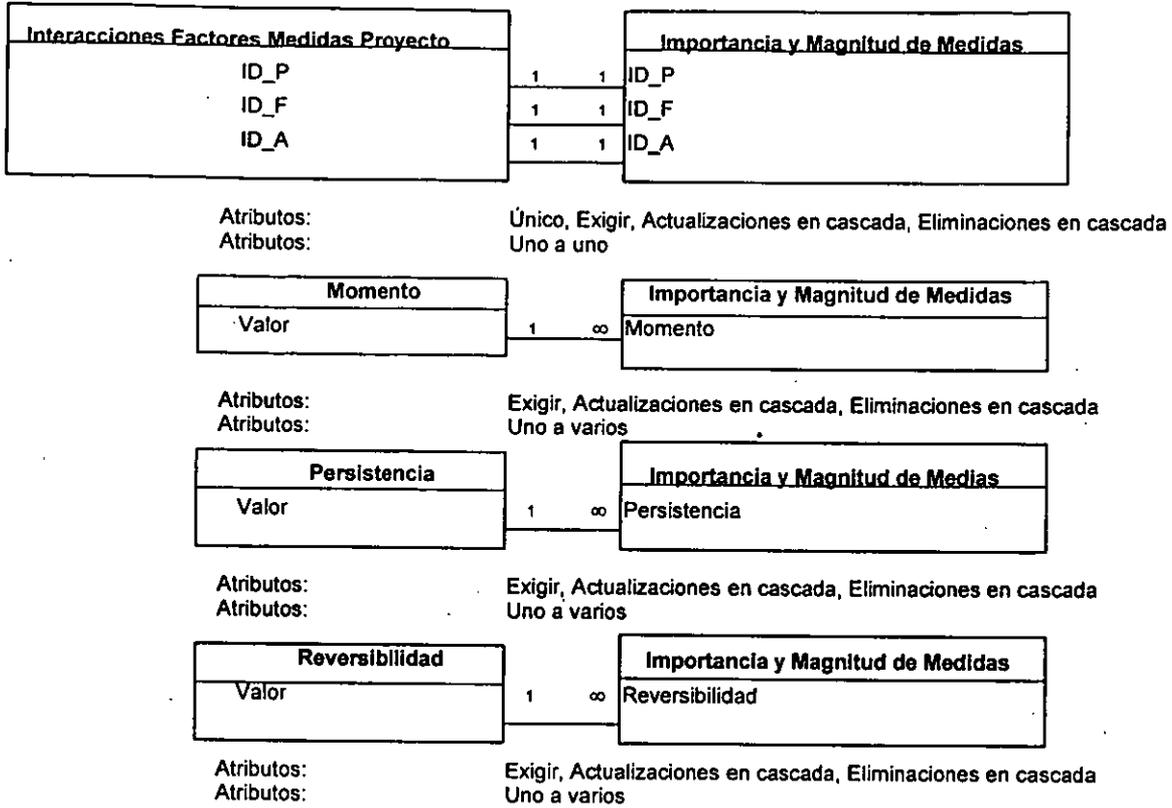


Tabla: Indicadores

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Indicador	Texto	50

Relaciones

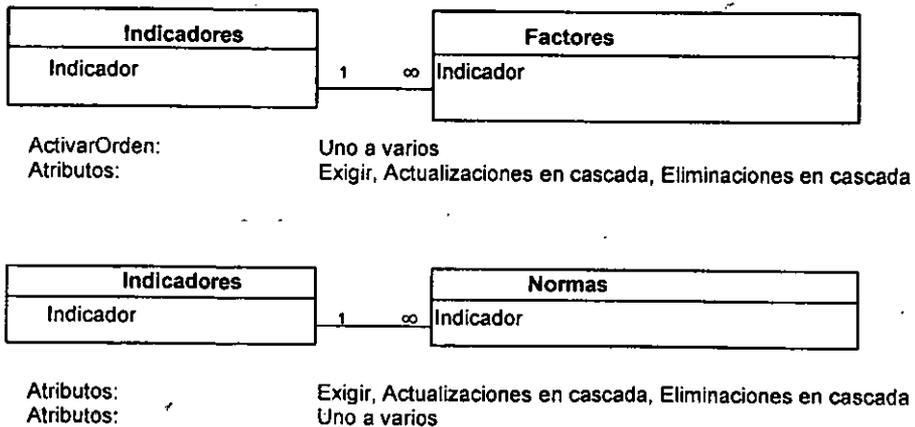


Tabla: Intensidad

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Tipo	Texto	50
Valor	Número (largo)	4

Relaciones

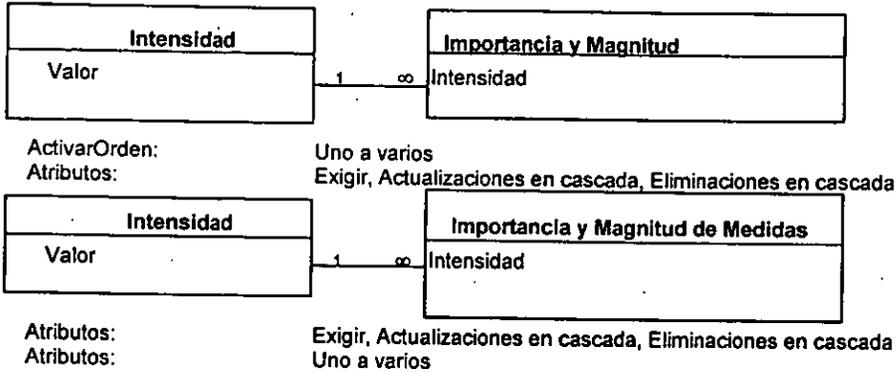


Tabla: Interacciones entre Factores

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_F1	Texto	50
ID_F2	Texto	50
Referencia	Memo	-
Comentarios	Memo	-
Foto	Objeto OLE	-

Relaciones

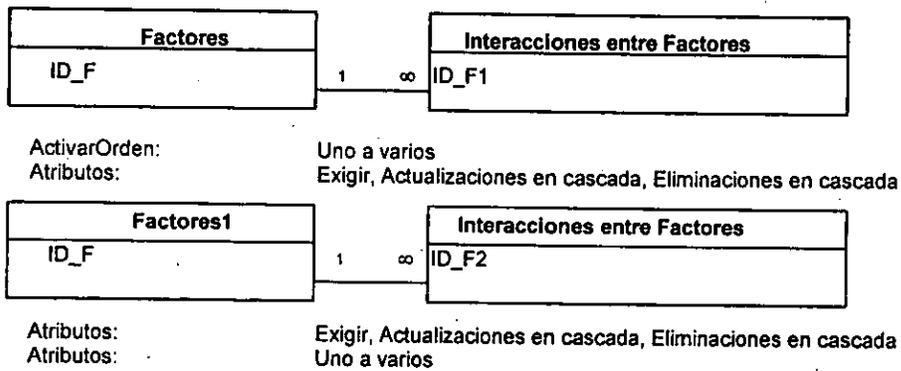


Tabla: Interacciones Factores Acciones

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_A	Texto	50
ID_F	Texto	50
Sistema Experto	Texto	50
Descripción	Memo	-
Foto	Objeto OLE	-

Relaciones

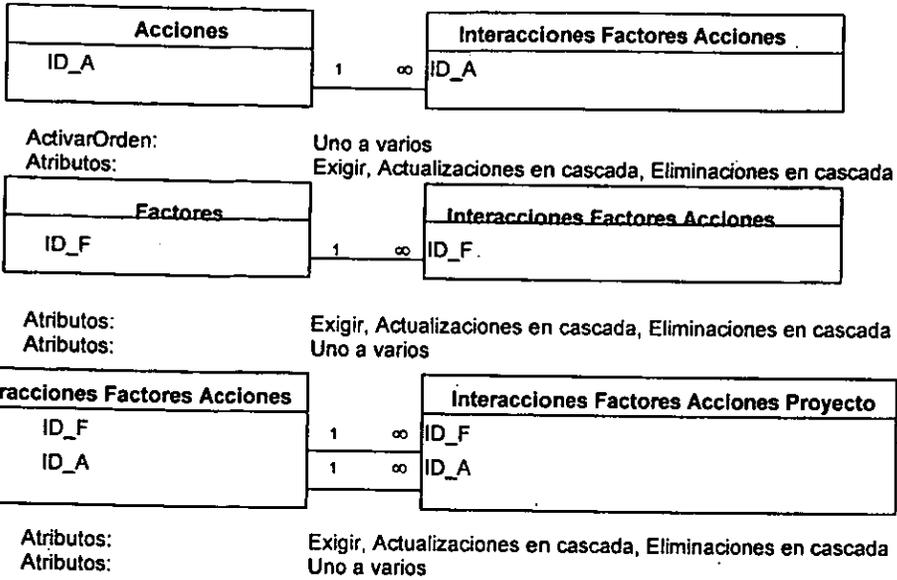
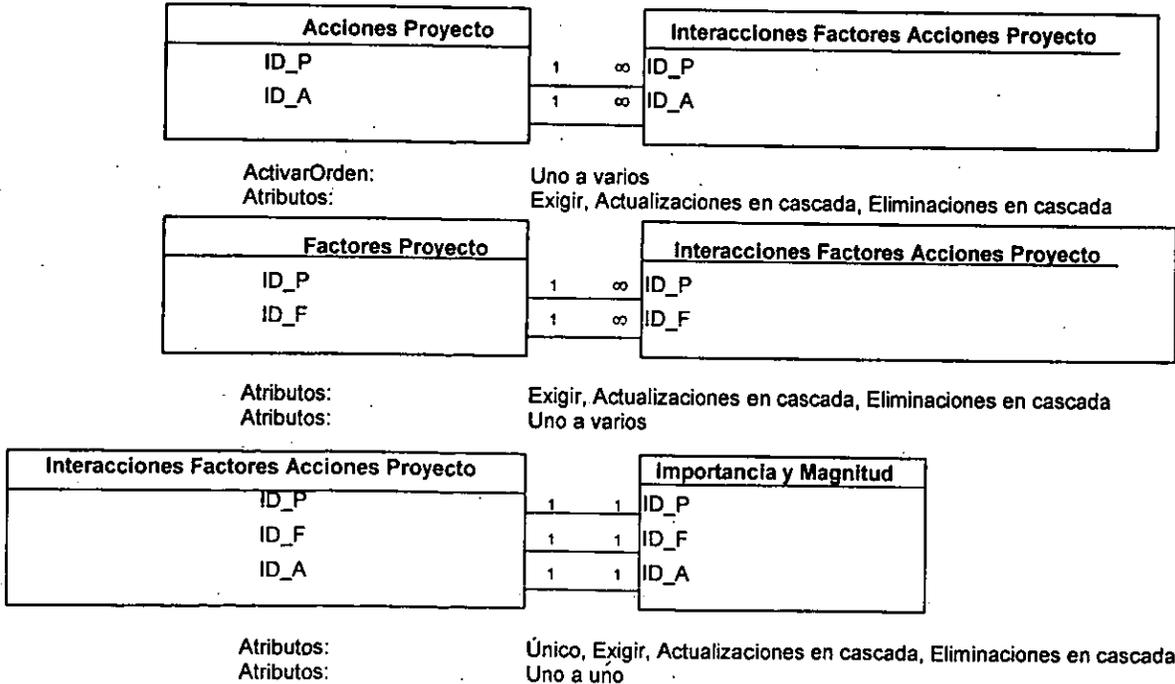


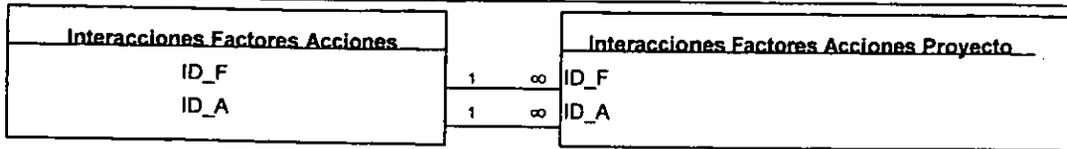
Tabla: Interacciones Factores Acciones Proyecto

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_A	Texto	50
ID_F	Texto	50
Comentarios	Memo	-

Relaciones





Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios

Tabla: Interacciones Factores Medidas

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_M	Texto	50
ID_F	Texto	50
Sistema Experto	Texto	50
Descripción	Memo	-
Foto	Objeto OLE	-

Relaciones

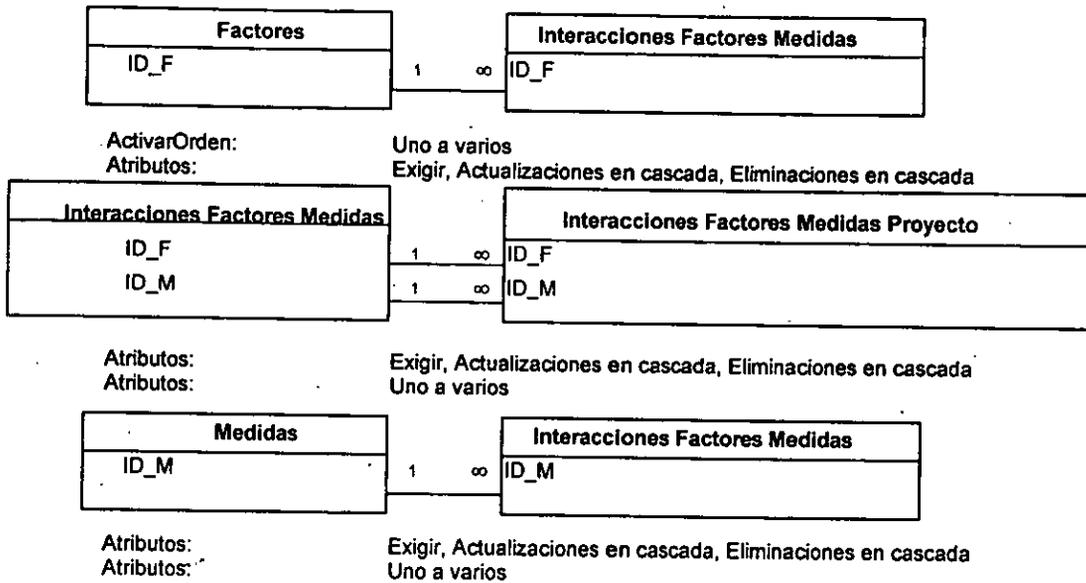
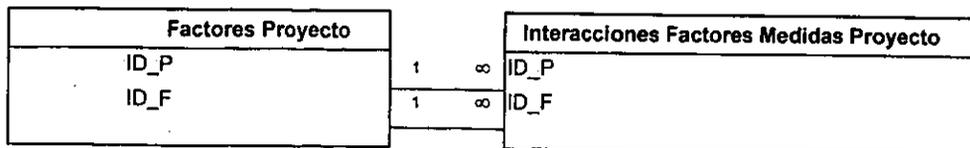


Tabla: Interacciones Factores Medidas Proyecto

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_M	Texto	50
ID_F	Texto	50
Comentarios	Memo	-

Relaciones



ActivarOrden: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada

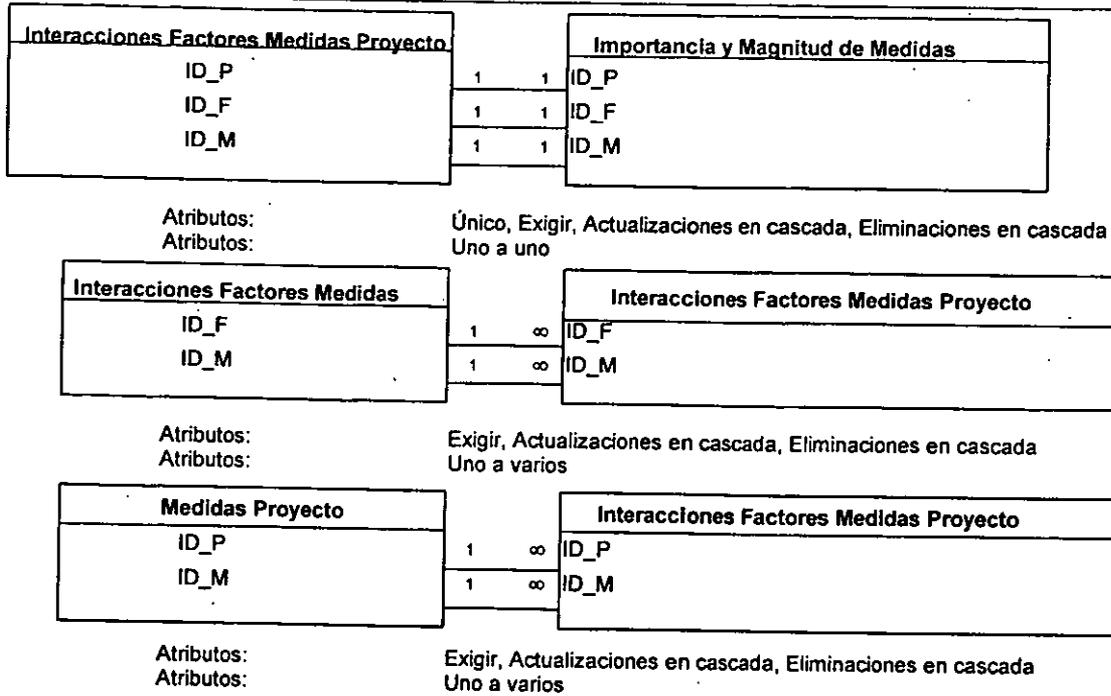


Tabla: Lingüístico

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Tipo	Texto	50
Valor	Número (largo)	4

Tabla: Medidas

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_M	Texto	50
Medida de mitigación	Texto	255
Accion a mitigar	Texto	50
Otra Accion a mitigar	Texto	50
Sinónimos	Memo	-
Foto	Objeto OLE	-

Relaciones

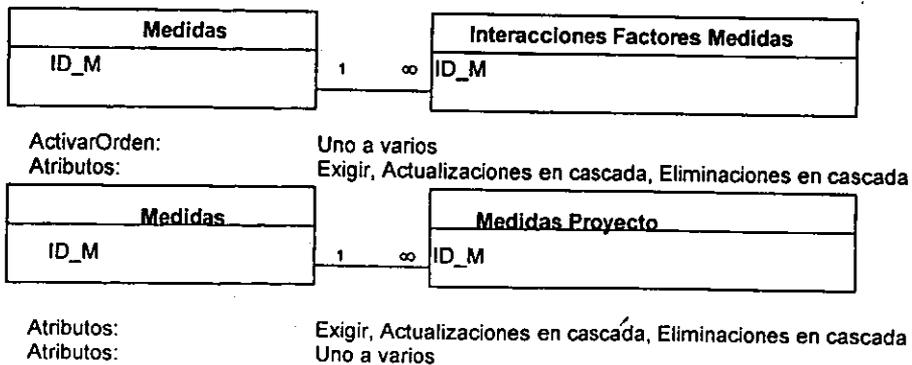
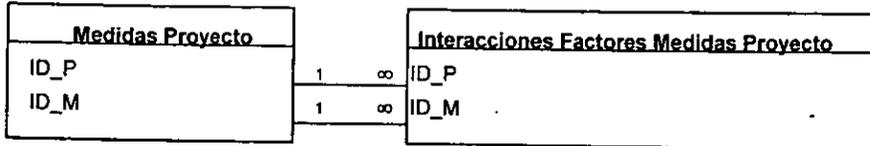


Tabla: Medidas Proyecto

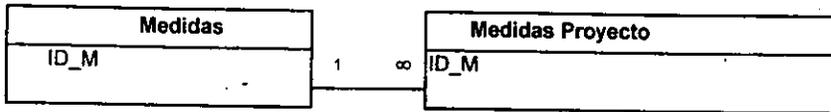
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_M	Texto	50

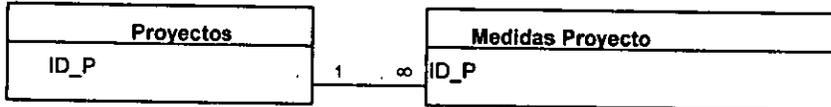
Relaciones



ActivarOrden: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios



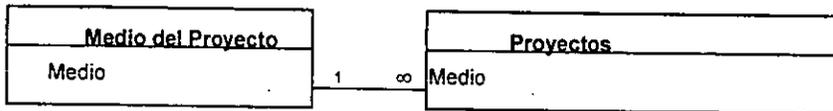
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Atributos: Uno a varios

Tabla: Medio del Proyecto

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Medio	Texto	50
Medio físico	Número (largo)	4
Medio natural	Número (largo)	4
Medio socioeconómico	Número (largo)	4

Relaciones



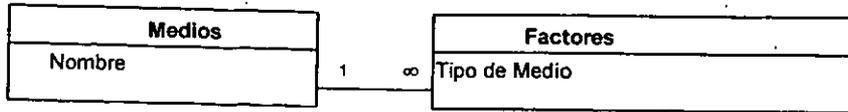
ActivarOrden: Uno a varios
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada

Tabla: Medios

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Nombre	Texto	50
Tipo	Texto	50

Relaciones



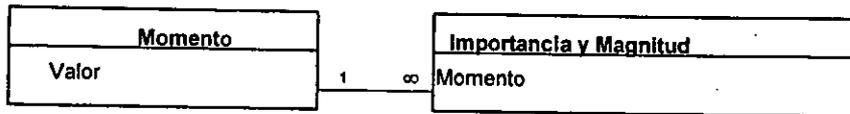
ActivarOrden:
Atributos: Uno a varios
Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada

Tabla: Momento

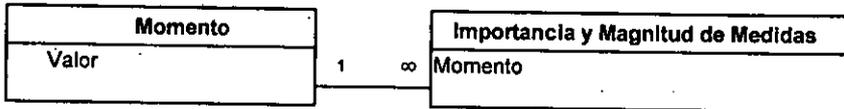
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Tipo	Texto	50
Valor	Número (largo)	4

Relaciones



ActivarOrden:
Atributos: Uno a varios
Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



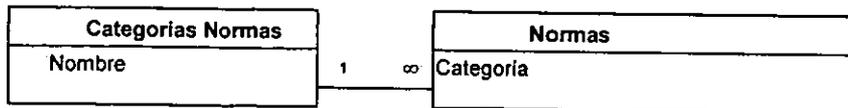
Atributos:
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
Uno a varios

Tabla: Normas

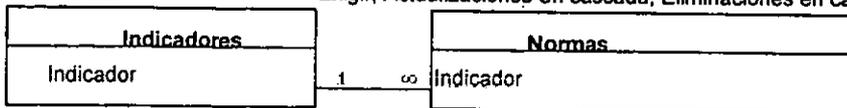
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Clave norma	Texto	50
Categoría	Texto	50
Descripción	Memo	-
Documento	Objeto OLE	-
Límite Mínimo	Texto	50
Límite Máximo	Texto	50
Indicador	Texto	50

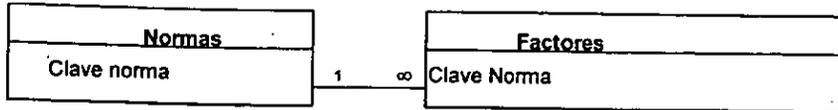
Relaciones



ActivarOrden:
Atributos: Uno a varios
Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



Atributos:
Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
Uno a varios



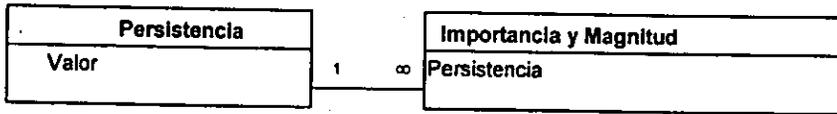
Atributos:
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Uno a varios

Tabla: Persistencia

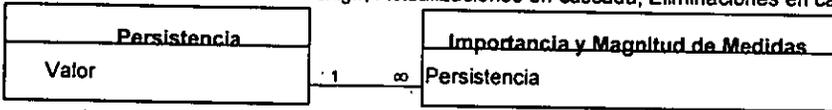
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Tipo	Texto	50
Valor	Número (largo)	4

Relaciones



ActivarOrden:
 Atributos: Uno a varios
 Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



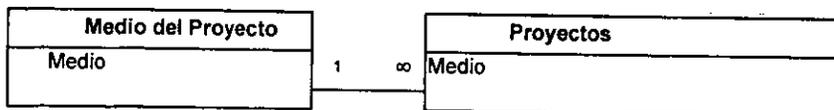
Atributos:
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Uno a varios

Tabla: Proyectos

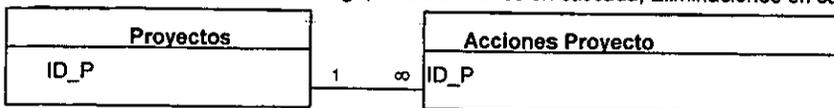
Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
Tipo	Texto	50
Medio	Texto	50
Nombre	Texto	255
Descripción	Memo	-
Estado	Texto	255
Municipio	Texto	255
Zona protegida	Si/No	1

Relaciones



ActivarOrden:
 Atributos: Uno a varios
 Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada



Atributos:
 Atributos: Exigir, Actualizaciones en cascada, Eliminaciones en cascada
 Uno a varios

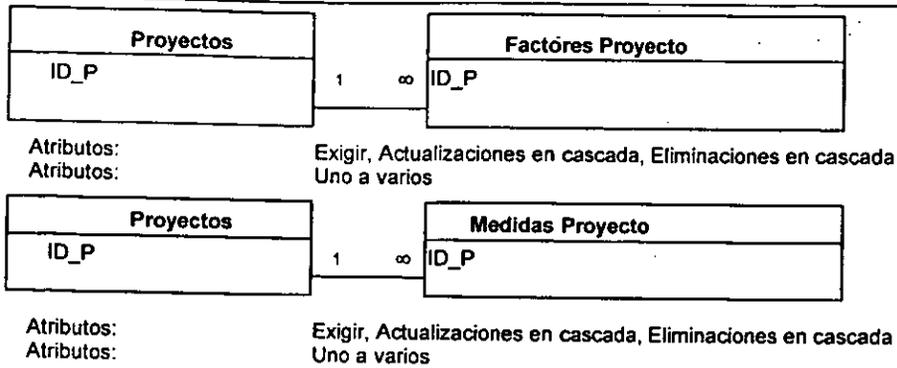


Tabla: Resultados Correccion

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_F	Texto	50
Importancia	Número (largo)	4
Mlcon	Número (doble)	8
Mlsin	Número (doble)	8
MCcon	Número (doble)	8
MCsin	Número (doble)	8
Valor	Número (doble)	8
Impacto Total	Número (doble)	8
Coste	Texto	50

Relaciones

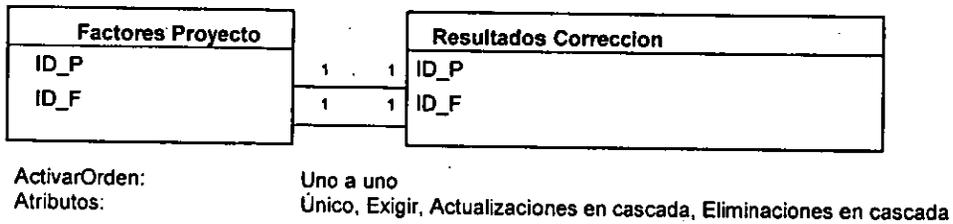


Tabla: Resultados Prediccion Valoracion

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_P	Número (largo)	4
ID_F	Texto	50
TEF	Número (largo)	4
TEP	Número (largo)	4
IT	Número (largo)	4
Mcon	Número (doble)	8
Msin	Número (doble)	8
FT	Texto	50
MCcon	Número (doble)	8
MCsin	Número (doble)	8
VI	Número (doble)	8
CP	Número (largo)	4
Total	Número (doble)	8

Relaciones

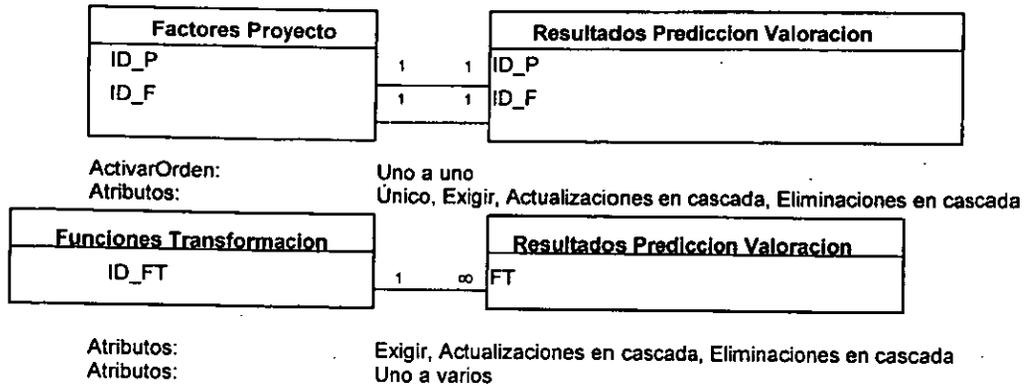


Tabla: Reversibilidad

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
Tipo	Texto	50
Valor	Número (largo)	4

Relaciones

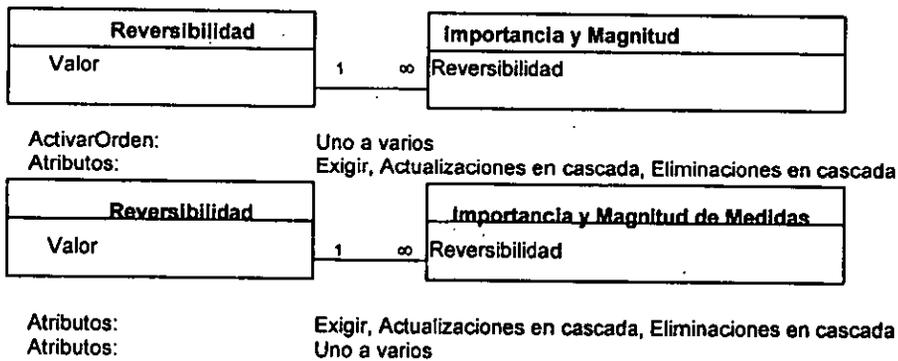
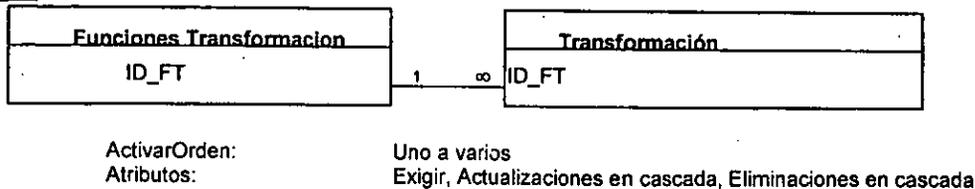


Tabla: Transformación

Columnas

Nombre	Tipo	Tamaño
ID_FT	Texto	50
Valor a transformar	Número (doble)	8
CA	Número (doble)	8

Relaciones



Anexo IV

Manual del usuario

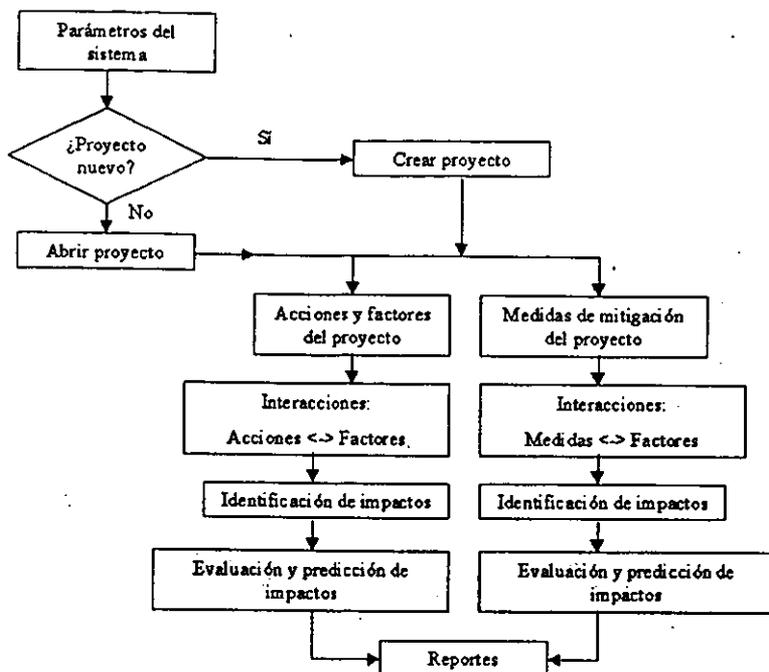


Diagrama que describe los componentes que integran el manual del usuario

Los recuadros en el diagrama se describe con detalle en cada sección de este Anexo.

Nota:

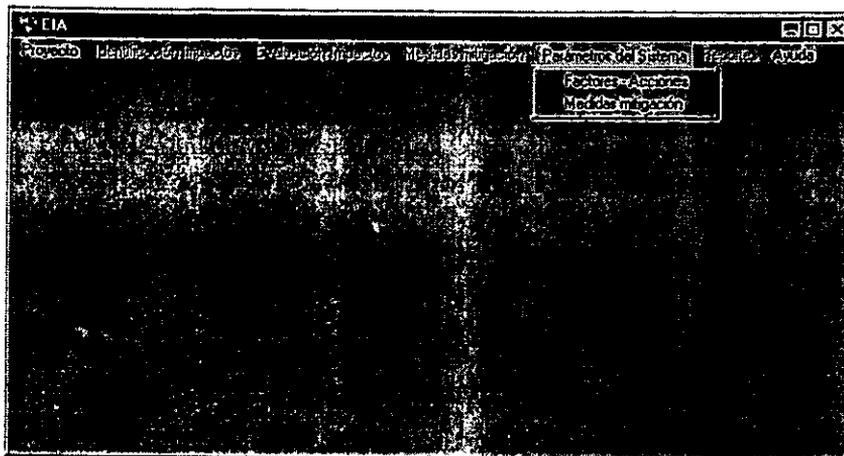
Las referencias a cada sección corresponden a las secciones de este anexo y no a los capítulos que integran la tesis.

Índice temático de este anexo:

	Sección
Parámetros del sistema.	1
Abrir proyecto	2
Crear proyecto	3
Acciones y factores del proyecto	15
Interacciones del proyecto: acciones vs. Factores	16
Identificación de impactos: acciones vs. Factores	17
Evaluación de impactos (Predicción y Valoración): acciones vs. Factores	18
Medidas de mitigación del proyecto	19
Identificación de impactos	20
Evaluación de impactos	20

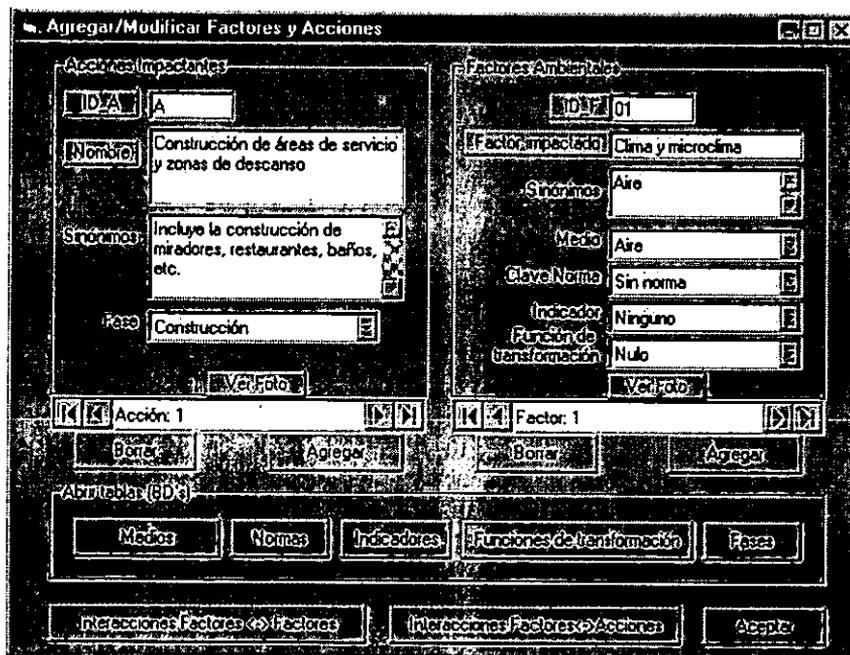
1 Parámetros del sistema.

Los parámetros del sistema se introducen seleccionando la opción **Parámetros del sistema** en el menú principal. Las dos opciones son: **Factores- Acciones** y **Medidas de mitigación**. Como se muestra en la pantalla siguiente:



1.1 Factores – Acciones

Si seleccionamos la opción **Factores - Acciones** tendremos la pantalla que nos permite modificar o agregar Factores ambientales y Acciones del proyecto impactantes:



Acciones impactantes. El campo *ID_A* contiene el identificador de la acción, este campo es de tipo texto es decir que el identificador puede escribirse con letras y números. El campo *Nombre* contiene el nombre de la acción del proyecto que causará un impacto

ambiental. El campo **Sinónimos** contendrá los sinónimos que describan la actividad descrita en el campo nombre o bien una descripción más completa del nombre de la actividad del proyecto. Finalmente el campo **Fase** nos determina en que etapa (o fase) del proyecto se lleva acabo la actividad, como puede ser Construcción, Operación o Abandono, básicamente. Pero estas fases sólo se seleccionan a través del botón de opciones. Si se desea tener más fases, esto se puede hacer seleccionando el botón **Fases** (en Abrir tablas BD's). Los botones **ID_A** y **Nombre** ordenan las acciones por ID_A y nombre respectivamente. Con el botón **Ver foto**, permite Ver/Agregar una foto a la acción (sección 5).

· **Factores Ambientales.** El campo **ID_F** identifica el factor ambiental, el identificador puede ser formado por letras y números. El campo **Factor impactado** determina el nombre del factor ambiental al cuál se causará un impacto ambiental. El campo **Sinónimos** permite conocer lo sinónimos con los cuáles se identifica el factor ambiental impactado o bien una breve descripción del factor ambiental impactado. El campo **Medio** nos permite identificar el tipo o categoría del medio en el cuál se encuentra el factor ambiental en cuestión. El campo clave **Norma**, permite asociar una norma ambiental para aquellos factores ambientales que tienen límites mínimos y máximos permisibles, cuando exista una valoración cuantitativa. Esto con el fin de que el sistema automáticamente determine o indique que factores ambientales están fuera de los límites permitidos por la norma. Cabe aclarar que no todos los factores ambientales pueden tener asociada una norma, primero por que puede no existir alguna o bien es una norma que no tiene límites permisibles definidos, como el caso de las normas que rigen las especies en peligro de extinción que serán tratadas por los sistemas expertos al momento de hacer la valoración de impactos. El campo **Indicador** nos determina el nombre del indicador con el cuál será medido el factor ambiental. El indicador Lingüístico es el que permite cuantificar el impacto ambiental sobre un factor ambiental como Alto (6), Medio(3), Bajo(2) y Nada(1). El indicador Ninguno, se asocia a factores ambientales que no pueden ser cuantificados lingüísticamente y por ningún otro indicador. Todos los demás indicadores como dBA pueden cuantificar a un factor ambiental. El campo **Función de transformación** permite asociar la función de transformación que trasladará la magnitud del impacto de este factor ambiental a unidades conmensurables (homogéneas) a fin de poder hacer una evaluación de impactos global de todos los factores ambientales involucrados en un proyecto. Los botones **ID_F** y **Factor impactado** ordenan los factores por ID_F y Factor impactado respectivamente. Con el botón **Ver foto**, permite Ver/Agregar una foto a la acción (Consultar la sección 5).

· **Abrir tablas (BD's).** Los valores asociados a los campos Medio, Norma, Indicador y Función de transformación para los Factores ambientales, como el campo Fases para las acciones impactantes se seleccionan utilizando el botón asociado. Si se desea agregar un valor no contenido en la lista, se deberá agregar seleccionando el botón correspondiente:

- Medios (sección 7)
- Normas (sección 8)
- Indicadores (sección 9)

- **Funciones de transformación** (sección 10)
- **Fases** (sección 11)

· **Interacciones Factores <-> Factores.** Presionando este botón aparecerá una ventana que permite definir las interacciones que se dan entre factores ambientales, a fin de identificar los impactos ambientales indirectos que ocurren en un proyecto ambiental. (sección 12)

· **Interacciones Factores <-> Acciones.** Una vez presionado este botón se obtendrá una pantalla que permite definir las interacciones entre Acciones del proyecto impactantes y los Factores ambientales, de aquí se obtienen los impactos directos del proyecto (sección 13).

· **Borrar y Agregar.** Los botones de Borrar y Agregar que aparecen al final de los campos de las Acciones impactantes y los Factores Ambientales tienen la misma función en ambos casos. Si se selecciona el botón Borrar se procederá a eliminar la información que se está mostrando. Si se selecciona la opción Agregar aparecerán los campos en blanco, para poder introducir la información que se agregará, es importante llenar todos los campos pudiendo quedar vacío el campo de Sinónimos únicamente.

· **Cambiar de registro.** Con los botones de desplazamiento permite cambiar de un registro a otro en la base de datos. Entiéndase por registro a los campos que contienen la información para una Acción Impactante o un Factor ambiental.

1.2 Medidas de mitigación

Con esta opción permite el sistema introducir las medidas de mitigación así como sus interacciones con los factores ambientales. A continuación se muestra la pantalla para la edición de medidas de mitigación:

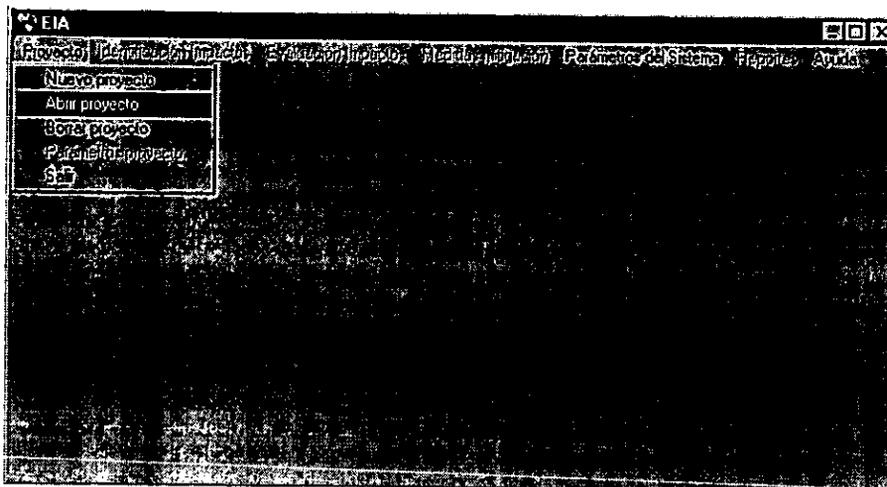
Para las medidas de mitigación se requiere el **ID_M**, que es un identificador (clave) de la medida de mitigación para uso interno del sistema, el campo **Medida de mitigación** contiene el nombre de la medida de mitigación. **Acción a mitigar** y **Otra acción a mitigar** son campos a los cuáles se asocia una acción del proyecto a la cuál se aplica la medida, estos campos son opcionales. El campo **Sinónimos** es un campo que permite contener algún otro nombre con el cuál se identifica la medida de mitigación contenida en el campo **Medida de mitigación**. Los botones **ID_M** y **medida de mitigación** ordenan las medidas por **ID_M** y nombre de la medida respectivamente.

El botón **Borrar** permite borrar la medida de mitigación actual. El botón **Agregar** permite agregar una nueva medida de mitigación, el indicador de número de registro se pone a cero cuando se usa esta opción. El botón **Ver foto** permite agregar, ver o modificar una fotografía asociada a la medida de mitigación (sección 5).

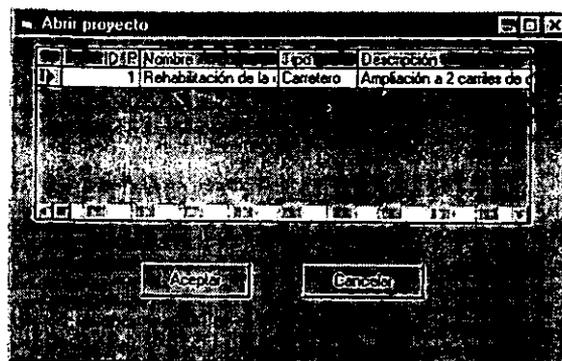
Con el botón **Interacciones** permite abrir la ventana de edición de interacciones entre medidas de mitigación y factores ambientales (sección 14).

Finalmente el botón **Aceptar** permite cerrar la ventana de edición de medidas de mitigación.

2 Abrir proyecto



Una vez seleccionada la opción abrir proyecto aparecerá la siguiente pantalla:



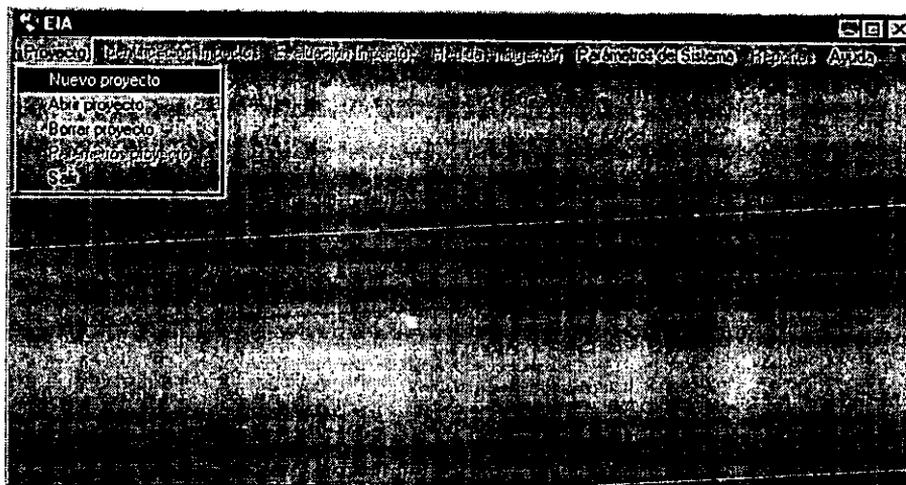
En esta pantalla se muestra la lista de proyectos que se encuentran contenidos en la base de datos del sistema. Para seleccionar el proyecto que se desea abrir, se ubica el ratón en el **nombre** (o **ID_P**) del proyecto y se presiona el botón del ratón.

Una vez seleccionado el proyecto que se desea abrir se presiona el botón **Aceptar**. Posteriormente mostrará la pantalla de edición de Datos del proyecto (consultar la sección 4).

Si no se desea abrir ningún proyecto presionar **Cancelar** para cerrar la ventana actual.

En el sistema sólo se puede tener un proyecto abierto a la vez. Es decir si se quiere hacer la evaluación de otro proyecto es necesario abrir otro proyecto y automáticamente se cierra la sesión con el proyecto actual.

3 Crear proyecto



Desde el menú principal del sistema, se selecciona **Proyecto** y después **Nuevo proyecto**. Aparecerá la pantalla para capturar los Datos del proyecto. Para capturar los datos del proyecto consultar la sección siguiente (4).

4 Datos del proyecto

Datos del Proyectos

Identificador del proyecto: 2

Nombre del proyecto: _____

Tipo de proyecto: _____

Medio: _____

Descripción: _____

Estado: _____

Municipio: _____

Zonas de reserva ecológica

Conabio INE Se encuentra en Zona protegida

Restora Ambiente y Acciones Impedidas Medidas de Mitigación

Aceptar Cancelar

Como parte de los datos del proyecto primeramente tenemos **ID_P**, que es el identificador (clave) del proyecto, que es para uso interno en la base de datos de nuestro sistema. Para el caso de un proyecto nuevo el **ID_P** se asigna en forma automática, buscando el número mayor del **ID_P** existente en la base de datos. El campo **Nombre del proyecto**, contendrá el nombre del proyecto el cual aparecerá en los reportes que emite el sistema. **Tipo de proyecto**, se refiere a la categoría de proyecto por ejemplo: carretero, industrial, minero, etc. **Medio**, este campo se especifica el tipo de medio donde se desarrolla el proyecto: Inalterado, Rural, Rural desarrollado, Urbano y Mixto. El valor del campo **Medio** es utilizado para realizar la evaluación cuantitativa, donde para cada tipo de medio se tiene una ponderación para cada factor ambiental. **Descripción**, este campo contendrá la descripción del proyecto como lo es superficie del área donde se desarrolla el proyecto y características dependiendo del tipo de proyecto a realizar, la información contenida en este campo aparecerá como parte del encabezado en los reportes que emite el sistema, conjuntamente con el Nombre del proyecto. **Estado y Municipio**, permiten registrar la ubicación del proyecto en el país. Actualmente estos campos no son empleados en los reportes, considerándolos importantes para futuros reportes para emitir por ejemplo un reporte de evaluaciones por estado.

Lo que se refiere a **zonas de reserva ecológica**, se tiene una liga a través de Internet con los botones **Conabio** e **INE** que permiten ver la información contenida (bases de datos) en sus páginas en Internet sobre información referente a las zonas que legalmente se consideran protegidas (**INE**) y las zonas que legalmente no se consideran protegidas pero se consideran reservas ecológicas o importantes para mantener la biodiversidad en las especies (**Conabio**). Consultar estas páginas es un paso importante antes de realizar lo que es la evaluación de impacto ambiental para un proyecto en particular. Aquí se muestra la pantalla

que aparecerá para el botón **Conabio** es la siguiente:



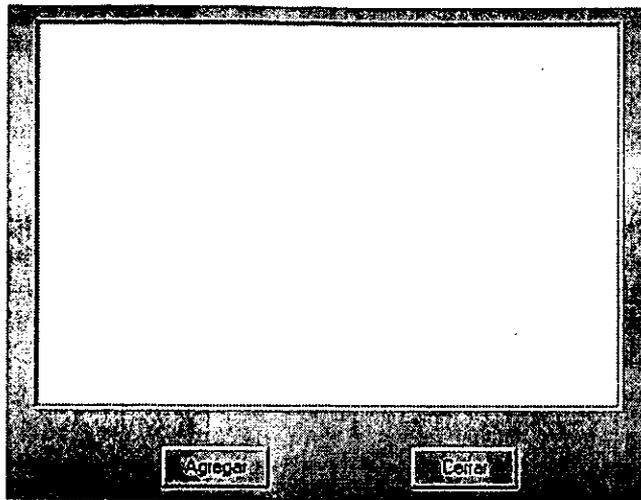
Esta pantalla es un navegador de Internet, a través del cuál se podrá consultar toda la información referente a zonas protegidas y/o reservas ecológicas.

A partir de las páginas de la Conabio y el INE. Para la opción INE aparecerá la misma pantalla sólo cambia el contenido de la misma.

La opción: **Se encuentra en zona protegida**, sirve para distinguir aquellos proyectos que se consideran están en zona protegida de aquellos que no lo están, este indicador actualmente no es empleado en los reportes del sistema; considerándose importante para futuros reportes.

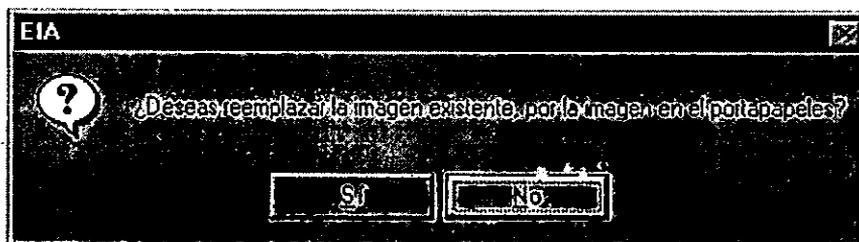
El botón **Factores Ambientales y Acciones Impactantes** permite abrir la ventana para introducir los factores y acciones del proyecto actual (sección 15). El botón **Medidas de Mitigación** abre una ventana que permite introducir la medidas para el proyecto actual (ver sección 19).

5 Ver/Agregar foto



Si se presiona el botón **Agregar**, tomará la imagen que se encuentra en el portapapeles de *Windows*. Para guardar una imagen en el portapapeles desde *Paint* seleccionar la imagen y presionar en el menú edición la opción *copiar*.

Cuando ya exista una imagen y se presione **Agregar**, el sistema preguntará si se desea reemplazar.



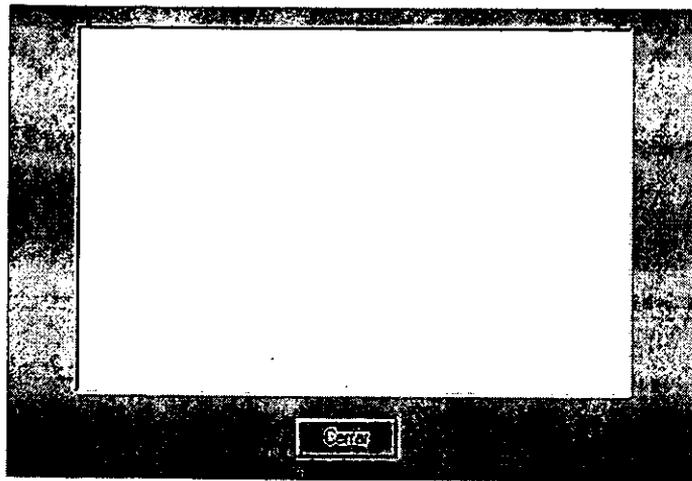
Responder **Sí** si se desea reemplazar, de lo contrario responder **No**.

En caso de haber presionado el botón **Cerrar**, simplemente lo que hará es desaparecer el recuadro que muestra la imagen.

Nota:

Las imágenes que se permiten guardar deberán estar en formato BMP (Mapa de bits). Siendo así que para guardar una foto en el portapapeles será necesario utilizar un programa de edición de imágenes BMP, como lo es *Paint* que forma parte de los accesorios de *Windows*.

6 Ver foto



Para cerrar el recuadro sólo se presiona el botón **Cerrar** que aparece en el recuadro.

En la parte superior izquierda del recuadro aparece el nombre al quién se asocia la fotografía. Y en el recuadro blanco la fotografía asociada.

7 Medios

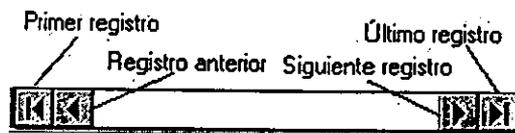
Nombre	Tipo
Aire	Medio físico
Cultural	Medio socioeconómico
Economía	Medio socioeconómico
Ecosistema	Medio natural
Fauna	Medio natural
Flora	Medio natural
Geomorfología	Medio físico
Hidrología	Medio físico
Infraestructura	Medio socioeconómico
Medio perceptual	Medio socioeconómico
Población	Medio socioeconómico
Suelo	Medio físico
Usos del territorio	Medio socioeconómico
*	

La tabla de Medios contiene solo los campos: **Nombre** y **Tipo**. Donde el campo **Nombre** corresponde al nombre del Medio ambiente y **Tipo** al tipo del Medio ambiente, donde *sólo se permiten tres tipos*: Medio físico, Medio natural y Medio socioeconómico.

Es importante hacer notar que si se añade un tipo diferente a los anteriormente

mencionados los factores que pertenezcan a éste tipo no serán considerados en la evaluación cuantitativa de impactos. Esto por que el campo **Tipo** del medio es empleado para determinar la ponderación de los factores ambientales involucrados para un proyecto.

- El botón **Agregar** permite agregar un nuevo registro, colocando el cursor en el registro que contiene un asterisco (*). Y el indicador de registro se pone en cero (Registro: 0). Después se procede a llenar los campos: Nombre y Tipo, escribiendo sobre ellos.
- El botón **Borrar** permite eliminar un registro en la tabla, el registro a borrar será el que este seleccionado, donde el indicador del registro seleccionado aparece a la izquierda del campo Nombre:
- El botón **Actualizar** permite actualizar los campos Nombre y Tipo en la base de datos, en caso de haber sido modificados. Después de utilizar esta opción el indicador de registro se coloca en el primer registro (Registro: 1).
- El botón **Cerrar** permite cerrar esta ventana.



8 Normas

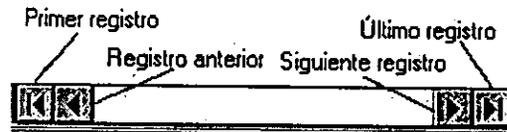
Captura de pantalla de la ventana "Normas" con los siguientes campos y botones:

- Clave norma: NOM-001-ECOL-1996
- Categoría: Agua
- Descripción: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las
- Documento:
- Límite Mínimo:
- Límite Máximo:
- Indicador:
- Botones: Agregar, Borrar, Actualizar, Cerrar
- Registro: 1

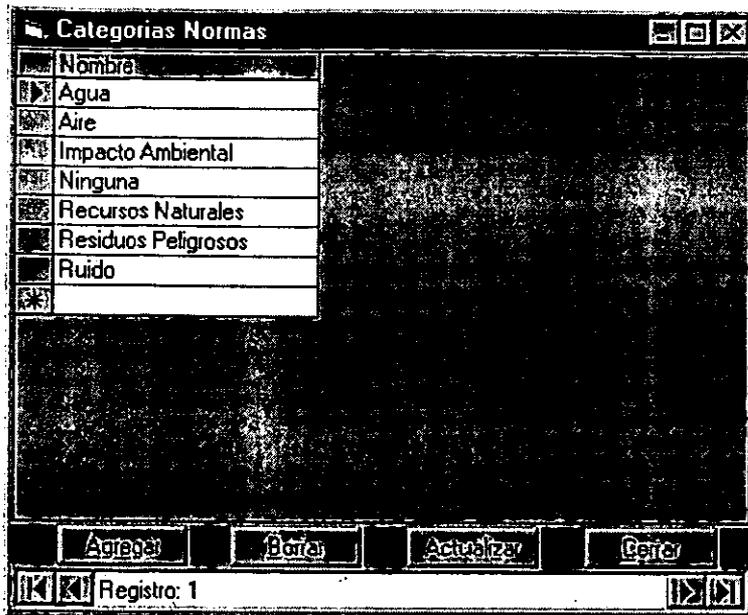
- **Clave norma**, determina no sólo la clave o identificador de la norma sino el nombre de la norma.
- **Clave categoría**, permite clasificar las diferentes normas. Este campo se llena seleccionando el botón de selección de la derecha, que lista las categorías existentes:
- **Descripción**, este campo es para dar una descripción breve acerca de la norma.

- **Documento**, aquí se puede asociar el documento que describe la norma, este documento es el publicado por los diarios oficiales. El documento puede estar en cualquier procesador de textos, que este registrado en Windows, como *Word*, *Bloc de notas*, *Winword*, etc. El valor de este campo es introducido presionando dos veces el botón del ratón, o bien presionando <Enter> desde el teclado.
- **Límite mínimo**, este campo contiene el límite mínimo permisible para la norma asociada. El valor de este campo es opcional, por que no todas las normas contienen límites permisibles.
- **Límite máximo**, este campo contiene el límite máximo permisible para la norma asociada. El valor de este campo es opcional, por que no todas las normas contienen límites permisibles.
- **Indicador**, contiene el nombre del Indicador que es empleado en la norma. Este campo también es opcional, por que hay normas que no tienen un indicador para poder ser cuantificadas.

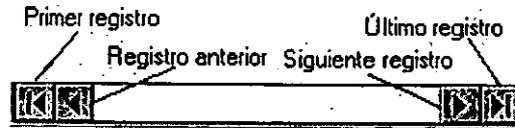
El botón **Agregar** permite agregar una nueva norma, después de haber presionado el botón se procede al llenado de los campos. Con el botón **Actualizar** se guardan los valores contenidos en los campos en la base de datos. El botón **Borrar** es para eliminar la norma actual (seleccionada). Finalmente el botón **Cerrar** termina con la edición de las normas, cerrando la ventana.



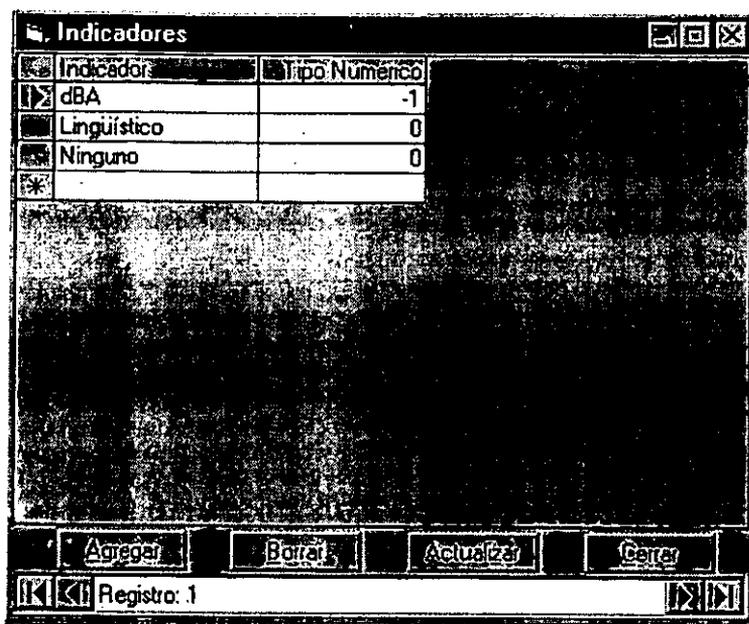
8.1 Categorías



En esta tabla el campo **Nombre** sirve para identificar la categoría y relacionarla con la tabla Normas. Para agregar un nuevo registro presione el botón **Agregar** y después capture el nombre de la nueva Categoría, con el botón **Actualizar** permite guardar los cambios hechos o categorías que se hayan agregado. Con el botón **Borrar** permite eliminar el registro seleccionado. Y finalmente con el botón **Cerrar** permite cerrar la ventana de edición de categorías.



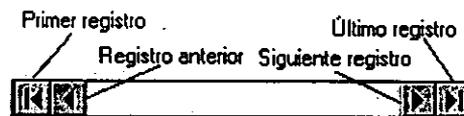
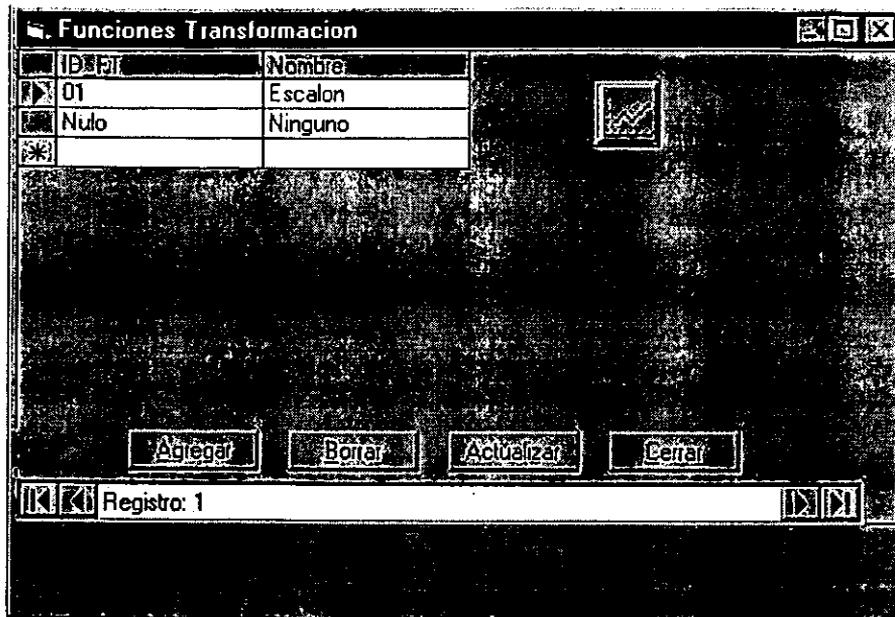
9 Indicadores



La tabla de indicadores, contiene los indicadores que pueden ser asociados a un factor ambiental. El indicador **Lingüístico** es el que permite cuantificar el impacto ambiental sobre un factor ambiental como Alto (6), Medio(3), Bajo(2) y Nada(1). El indicador **Ninguno**, se asocia a factores ambientales que no pueden ser cuantificados lingüísticamente y por ningún otro indicador. Todos los demás indicadores como *dBA* pueden cuantificar a un factor ambiental. La tabla **Indicadores** contiene el campo **Indicador** es el nombre del indicador ambiental que puede ser empleado para evaluar cuantitativamente el impacto ambiental sobre un factor ambiental. Para agregar un nuevo registro presione el botón **Agregar** y después capture el nombre del nuevo Indicador, con el botón **Actualizar** permite guardar los cambios hechos o Indicadores que se hayan agregado. Con el botón **Borrar** permite eliminar el registro seleccionado. Y finalmente con el botón **Cerrar** permite cerrar la ventana de edición de categorías.

10 Funciones de transformación

Las funciones de transformación permiten transformar la magnitud de un impacto ambiental a un valor de **Calidad Ambiental (CA)**, que es una unidad de medida homogénea para los diferentes factores ambientales involucrados en un proyecto.



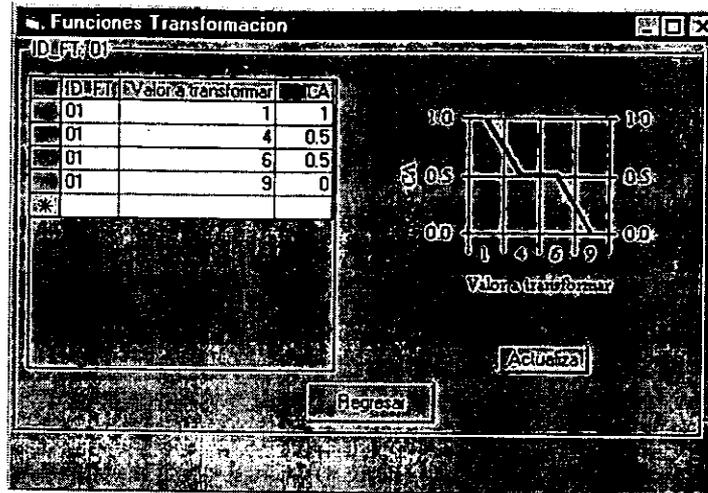
La tabla funciones de transformación contiene sólo dos campos: **ID_FT** y **Nombre**. Donde **ID_FT** es el identificador (o clave) de la función de transformación que es asociado a un factor ambiental para poder evaluarlo. **Nombre** es el campo que contiene el nombre con el cuál se identifica la función de transformación.

Para agregar un nuevo registro presione el botón **Agregar** y después capture el **ID_FT** y nombre de la nueva Función de transformación, con el botón **Actualizar** permite guardar los cambios hechos o Indicadores que se hayan agregado. Con el botón **Borrar** permite eliminar el registro seleccionado. Y finalmente con el botón **Cerrar** permite cerrar la ventana de edición de categorías.

Con el botón:



Es posible editar los parámetros de la función de transformación. Una vez presionado el botón aparecerá la siguiente ventana de edición:

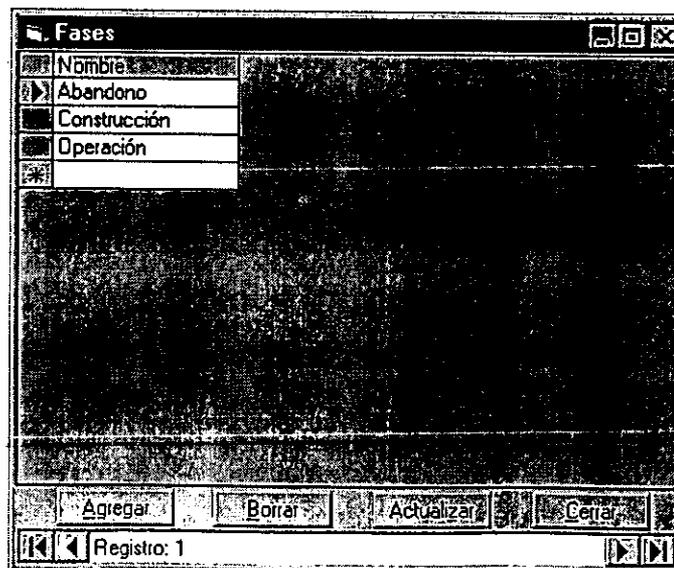


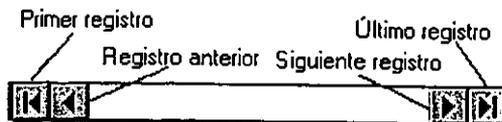
Esta tabla contiene tres campos: **ID_FT**, **Valor a transformar** y **CA**. El campo **ID_FT** se debe llenar con el mismo valor que corresponde al que se muestra en la parte superior izquierda del recuadro que se muestra en esta ventana, que corresponde al valor del registro seleccionado en la pantalla anterior. El **valor a transformar**, se refiere a la magnitud del impacto (en unidades inconmensurables) y **CA** al valor de la Calidad Ambiental que deberá ser en un rango de 0 a 1.

El botón **Actualiza** permite actualizar el gráfico que visualiza la tabla de valores para la transformación a CA. Este se debe presionar cuando se haga un cambio en la tabla de valores y se desee ver el gráfico actualizado. El botón **Regresar** cierra el recuadro que muestra la tabla de valores y el gráfico y muestra la pantalla de las funciones de transformación.

11 Fases

Son las fases en que se desarrolla una actividad para un proyecto.



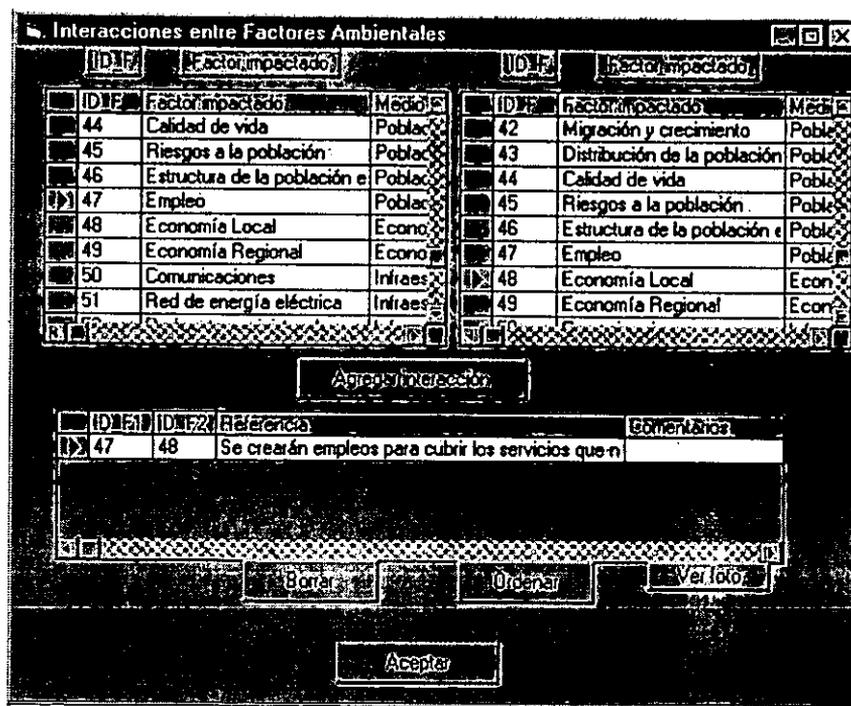


Esta tabla sólo contiene el campo **Nombre**, que identifica a la Fase, los registros existentes (Abandono, Construcción y Operación) siempre deben estar en esta tabla.

Para agregar un nuevo registro presione el botón **Agregar** y después capture el nombre de la nueva Fase, con el botón **Actualizar** permite guardar las nuevas Fases que se hayan agregado. Con el botón **Borrar** permite eliminar el registro seleccionado. Y finalmente con el botón **Cerrar** permite cerrar la ventana de edición de categorías.

12 Interacciones entre factores ambientales

Las interacciones entre factores ambientales, se refieren al hecho de que un impacto ambiental sobre un factor ambiental puede ocasionar un impacto ambiental sobre otro.



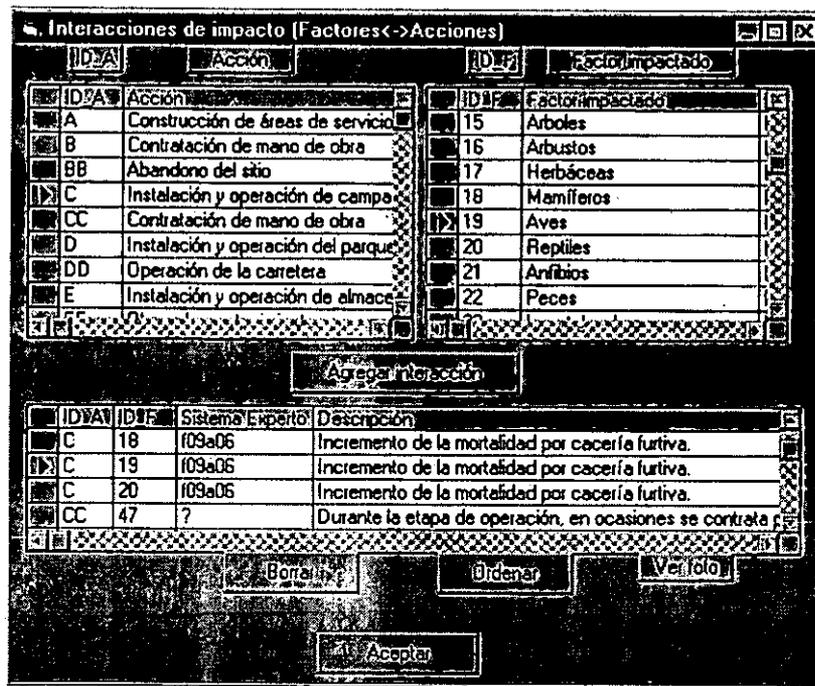
Para definir las interacciones entre factores ambientales se hace seleccionando un registro en ambas listas de factores ambientales. Para seleccionar el registro basta con posicionar el indicador del ratón en el factor ambiental (a ser impactado) y presionar el botón de selección del ratón. Las listas de factores pueden ser **ordenadas por ID_F** y **Factor impactado** seleccionando los botones que se encuentran en la parte superior.

Una vez seleccionados los dos factores en los cuales hay interacción, se presiona el botón **Agregar interacción**. Después aparecerá en la lista inferior la interacción que se agregó. Por ejemplo en la pantalla de arriba se seleccionaron los factores ambientales con ID_F (clave) 47 y 48. En la lista inferior aparecen ID_F1 e ID_F2 y la Referencia que describe la causa (o descripción) por la que se da la interacción, para este ejemplo la interacción es entre 47 y 48, donde un impacto en el factor ambiental 47 genera un impacto ambiental sobre el impacto 48. Siendo ID_F1=47 e ID_F2=48. Además de la Referencia existe un campo de Comentarios para la interacción.

El botón **Borrar** permite eliminar una interacción que no se desee. El botón **Ordenar** permite ver en forma ordenada (de acuerdo a ID_F1) las interacciones ya definidas. El botón **Ver foto** permite agregar, ver o modificar la foto asociada a esta interacción (sección 5).

13 Interacciones entre acciones y factores

Las interacciones entre factores ambientales y acciones impactantes se da cuando una acción del proyecto causa algún impacto sobre un factor ambiental en el entorno donde se desarrollará el proyecto.

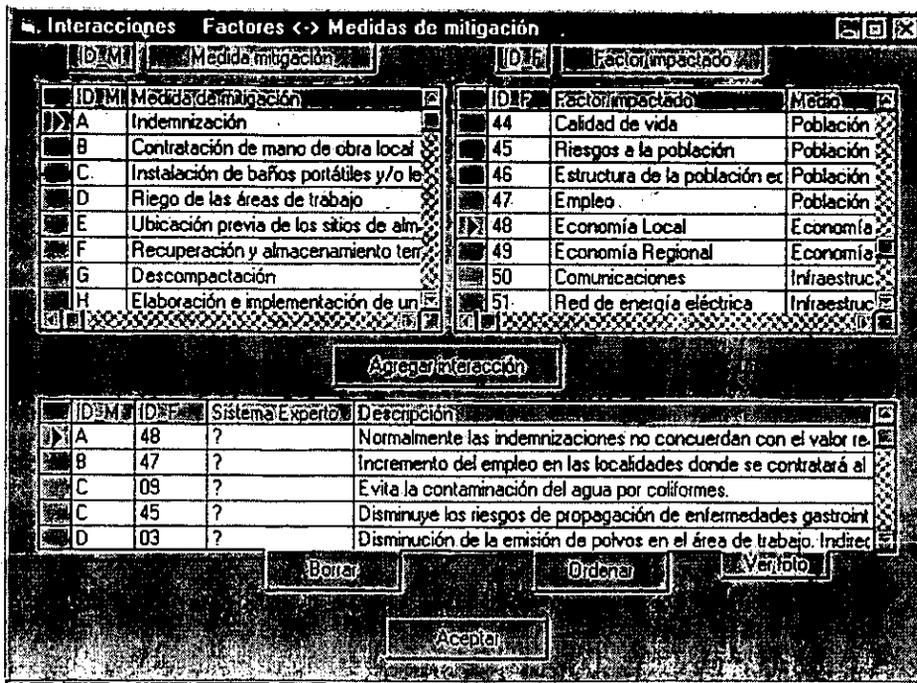


Para definir las interacciones entre acciones impactantes y los factores ambientales se hace seleccionando un registro en ambas listas de acciones y factores ambientales respectivamente. Para seleccionar el registro basta con posicionar el indicador del ratón en el registro deseado y presionar el botón de selección del ratón. Las listas de factores y acciones pueden ser ordenadas. La lista de **acciones se ordena por ID_A y Acción** con los el botón ID_A y Acción respectivamente. La lista de factores se **ordena por ID_F y**

Factor impactado con los botones ID_F y Factor impactado respectivamente. Los botones para ordenar las listas de acciones y factores se encuentran en la parte superior de la pantalla. Una vez seleccionados: la acción y el factor en los cuales hay interacción, se presiona el botón **Agregar interacción**. Después aparecerá en la lista inferior la interacción que se agregó. Por ejemplo en la pantalla de arriba se seleccionaron la acción (ID_A) C y el factor ambiental (ID_F) 19. En la lista inferior aparece la interacción y el campo **Sistema Experto** que contienen el nombre del sistema experto (en *Level5*) que se encargará de cuantificar este impacto (interacción). Los sistemas expertos se ubican en un directorio llamado Expertos que deberá estar contenido dentro del directorio (o carpeta que contiene esta aplicación), también deberá existir un archivo en formato *Word* con el nombre del Experto escrito en el campo **Sistema Experto**, que contendrá los criterios para evaluar el impacto en la interacción. Este archivo que contiene el criterio estará en un directorio llamado Criterios dentro del directorio donde se ubica esta aplicación. Cuando no se conoce un experto para una interacción se debe escribir el símbolo de interrogación (?) en el campo Sistema Experto, en este caso como no hay criterio deberá existir un archivo en *Word* llamado *Sincriterio.doc* para estos casos en los que no hay un experto asociado a la interacción. El campo Descripción, da una breve descripción de lo que es el impacto ambiental (interacción entre la acción y el factor). El botón **Borrar** permite eliminar una interacción que no se desee. El botón **Ordenar** permite ver en forma ordenada (por ID_A e ID_F) las interacciones ya definidas. El botón **Ver foto** permite agregar, ver o modificar la foto asociada a esta interacción (sección 5).

14 Interacciones entre medidas y factores

Define los impactos (positivos) de una medida de mitigación sobre los factores ambientales.



Para definir las interacciones entre medidas de mitigación y los factores ambientales se hace seleccionando un registro en ambas listas de medidas y factores ambientales respectivamente. Para seleccionar el registro basta con posicionar el indicador del ratón en el registro deseado y presionar el botón de selección del ratón.

Las listas de medidas de mitigación y factores ambientales pueden ser ordenadas. La lista de **medidas** puede ser **ordenada por ID_M y Medida de mitigación** con el botón ID_M y Medida de mitigación respectivamente. La lista de **factores** puede ser **ordenada por ID_F y Factor impactado** con el botón ID_F y Factor impactado respectivamente. Los botones se encuentran en la parte superior de la pantalla.

Una vez seleccionados: la medida y el factor en los cuales hay interacción, se presiona el botón **Agregar interacción**. Después aparecerá en la lista inferior la interacción que se agregó. Por ejemplo en la pantalla de arriba se seleccionaron la medida ID_M => A y el factor ambiental ID_F => 48. En la lista inferior aparece la interacción y el campo **Sistema Experto** que contienen el nombre del sistema experto (en *Level5*) que se encargará de cuantificar este impacto (interacción). Los sistemas expertos se ubican en un directorio llamado Expertos que deberá estar contenido dentro del directorio (o carpeta que contiene esta aplicación), también deberá existir un archivo en formato *Word* con el nombre del Experto escrito en el campo **Sistema Experto**, que contendrá los criterios para evaluar el impacto en la interacción. Este archivo que contiene el criterio estará en un directorio llamado Criterios dentro del directorio donde se ubica esta aplicación. Cuando no se conoce un experto para una interacción se debe escribir el símbolo de interrogación (?) en el campo **Sistema Experto**, en este caso como no hay criterio deberá existir un archivo en *Word* llamado **Sincriterio.doc** para estos casos en los que no hay un experto asociado a la interacción. El campo **Descripción**, da una breve descripción de lo que es el impacto de la medida de mitigación (interacción entre la medida y el factor).

El botón **Borrar** permite eliminar una interacción que no se desee. El botón **Ordenar** permite ver en forma ordenada (por *ID_M* e *ID_F*) las interacciones ya definidas. El botón **Ver foto** permite agregar, ver o modificar la foto asociada a esta interacción (sección 5).

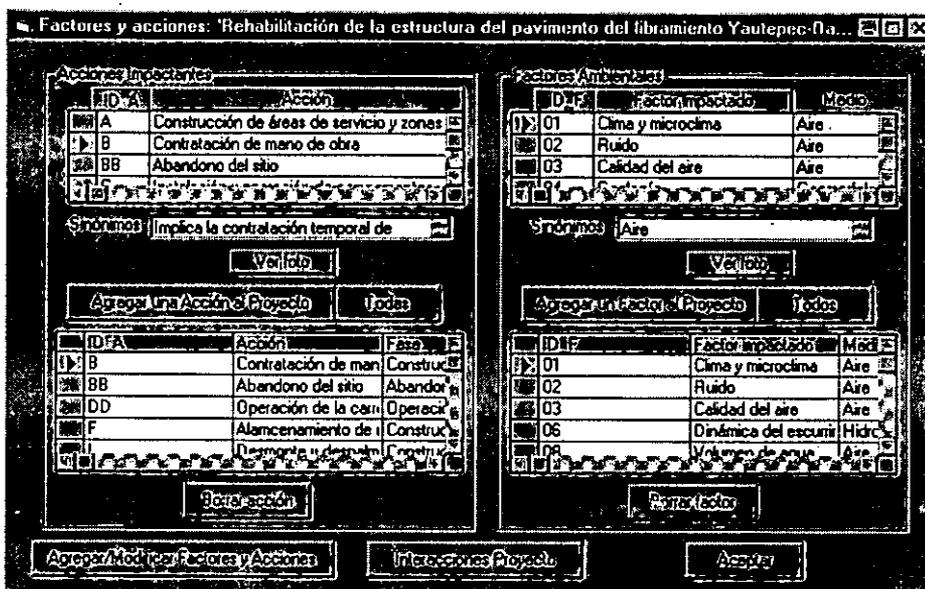
15 Acciones y factores del proyecto

Para introducir las acciones y factores del proyecto se hace a través de la pantalla datos del proyecto (sección 4).

Que puede ser accedida de diferentes maneras:

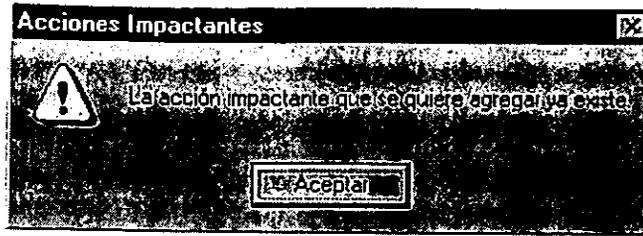
- Cuando se crea un proyecto nuevo (sección 3).
- Cuando se abre un proyecto existente (sección 2).
- Parámetros del proyecto, desde el menú principal **Proyecto -> Parámetros**

A través de la siguiente pantalla se introducen las acciones y factores del proyecto:



Acciones impactantes

Del lado izquierdo de la pantalla tenemos el recuadro de las acciones impactantes, la lista de acciones que se muestra en la parte de arriba es la lista de acciones que permite manejar el sistema y que son dadas en la sección Parámetros del sistema. La sección **Parámetros del sistema** puede ser accedida desde aquí a través del botón que se encuentra en la parte inferior izquierda de esta pantalla (Sección 1). El campo sinónimos muestra el sinónimo de la acción seleccionada en la lista superior. El botón Ver foto muestra la fotografía asociada a la acción seleccionada (sección 5). Para agregar una acción al proyecto basta presionar el botón **Agregar una acción al Proyecto**, la acción seleccionada en la lista superior aparecerá en la lista inferior, donde la lista que se muestra en la parte inferior de la pantalla corresponde a las acciones del proyecto. En este ejemplo se añadió la acción con ID_A = B. Si la acción que se quiere agregar al proyecto ya existe se enviará un mensaje de aviso:



Si se desea agregar todas las acciones existentes al proyecto se presiona el botón **Todas**, si ya existe alguna acción simplemente no la agrega sin enviar algún mensaje de aviso. El botón **Borrar acción** permite borrar una acción del proyecto (lista inferior), en este caso borrará la acción seleccionada por lo que es importante primero seleccionar la acción que se desea eliminar antes de presionar el botón **Borrar acción**.

La lista de acciones puede ser ordenada por **ID_A** y **Acción**, con los botones **ID_A** y **Acción** respectivamente. Los botones se encuentran como encabezados en la lista de acciones del sistema.

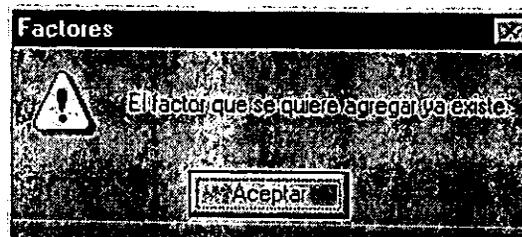
Nota: Si se quiere editar la lista de acciones (superior), se hace a través de parámetros del sistema.

Factores Ambientales

Del lado derecho de la pantalla tenemos el recuadro de los factores ambientales, la lista de factores que se muestra en la parte de arriba es la lista de factores que permite manejar el sistema y que son dadas en la sección **Parámetros del sistema** (1). El campo **sinónimos**, muestra el sinónimo del factor seleccionado en la lista superior.

El botón **Ver foto** muestra la fotografía asociada al factor seleccionado (sección 6).

Para agregar un factor al proyecto basta presionar el botón **Agregar un Factor al Proyecto**, el factor seleccionado en la lista superior aparecerá en la lista inferior, donde la lista que se muestra en la parte inferior de la pantalla corresponde a los factores del proyecto. En este ejemplo se añadió el factor con **ID_F = 01**. Si el factor que se quiere agregar al proyecto ya existe se enviará un mensaje de aviso:

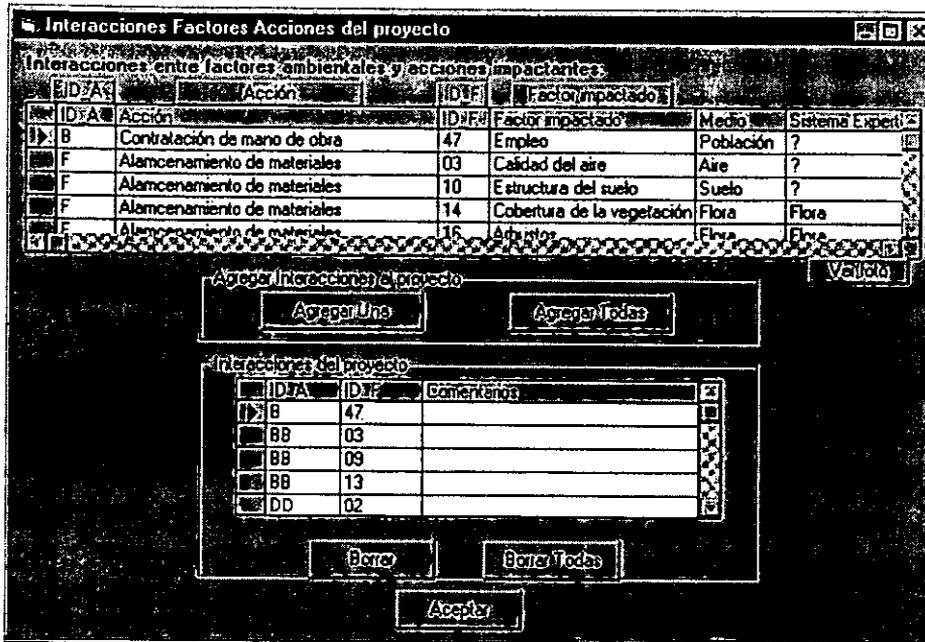


Si se desea agregar todos los factores existentes al proyecto se presiona el botón **Todos**, si ya existen algunos factores simplemente no los agrega sin enviar algún mensaje de aviso.

El botón **Borrar factor** permite borrar un factor del proyecto (lista inferior), en este caso borrará el factor seleccionado por lo que es importante primero seleccionar el factor que se desea eliminar antes de presionar el botón **Borrar factor**.

Los factores pueden ser ordenados por ID_F y Factor impactado con los botones **ID_F** y **Factor impactado** respectivamente. Estos botones se encuentran como encabezados en la lista de factores del sistema.

16 Interacciones del proyecto: acciones vs. factores



En la lista (tabla) superior se muestran todas las interacciones entre acciones y factores ambientales. No son todas las que permite el sistema sino más bien las que pueden ser incluidas en el proyecto. Es decir sólo se listan las interacciones que contienen las acciones y factores que se agregaron al proyecto. En otras palabras: sólo se tienen las interacciones que contienen factores y acciones del proyecto. La lista de interacciones puede ser ordenada por ID_A, Acción, ID_F o Factor impactado con los botones que se encuentran en la parte superior.

Para agregar una interacción al proyecto primero se selecciona la interacción que se quiere, esto se hace seleccionándola con el ratón.

Después se presiona el botón **Agregar Una**. Si se desea agregar todas las interacciones se presiona el botón **Agregar Todas**.

Con el botón **Ver foto**, permite ver la foto asociada a la interacción que se ha seleccionado (sección 6)

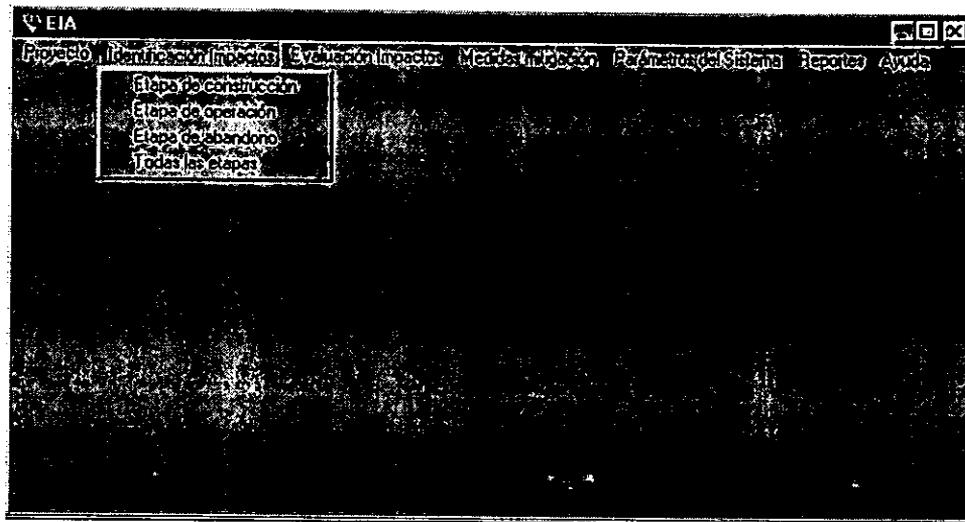
El recuadro en la parte inferior contiene la lista de interacciones del proyecto; aquí solo se

muestran el identificador de la acción (*ID_A*), el identificador del factor (*ID_F*) y un campo **Comentarios** en el cuál se puede escribir algún comentario sobre la interacción en el proyecto. Cada interacción contiene una descripción del impacto ambiental (y otros campos), que puede ser modificada desde Parámetros del sistema (sección 1).

El botón **Borrar** permite eliminar la interacción seleccionada. El botón **Borrar Todas** elimina todas las interacciones del proyecto.

17 Identificación de impactos: acciones vs. factores

La identificación de impactos se realiza para las interacciones entre acciones y factores, con el fin de determinar la importancia y la magnitud del impacto para cada interacción. El método a seguir para determinar la importancia de la magnitud es el de **Batelle Columbus**. Para la magnitud se utilizan sistemas expertos.



Para realizar la identificación de impactos ambientales es necesario tener abierto un proyecto, de lo contrario la opción del menú: **Identificación Impactos** es desactivada. La identificación de impactos puede hacerse de dos formas: por etapas (construcción, operación y abandono) o todas las etapas. Las etapas se refieren al momento en que ocurren las actividades del proyecto que causan los impactos.

Si se elige a opción **Etapa de construcción**, lo que se hace es que se muestran las interacciones en las que se involucran acciones del proyecto llevadas a cabo en el proceso de construcción del proyecto. Si se elige **Etapa de Operación**, sólo se muestran las interacciones que tienen acciones que se llevan a cabo en la operación del proyecto y lo mismo para la **Etapa de Abandono**. Para el caso de **Todas las etapas** se muestran todas las interacciones que se dan entre las acciones y factores del proyecto.

La pantalla para realizar la identificación de impactos es la siguiente:

En el recuadro superior se muestra la interacción entre la acción y el factor, para este ejemplo se tiene la **interacción** entre la acción ID_A = BB y el factor ID_F = 03. Donde **Fase** indica la fase en que se lleva a cabo la acción, **Medio** indica el tipo de medio del factor.

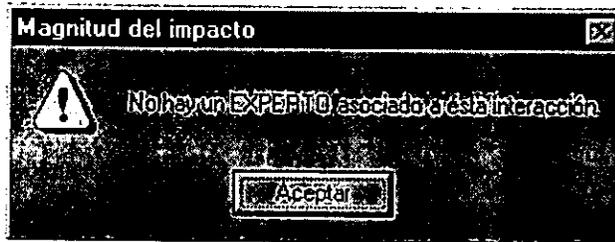
- **Signo**, indica si el impacto en esta interacción es positivo o negativo.
- **Intensidad**, determina el nivel de destrucción que tiene la interacción que puede ser: Baja (1), Media (2), Alta (4), Muy Alta (8) y Total (16).
- **Extensión**, determina el área de influencia de la interacción: Puntual (1), Parcial (2), Extenso (4) y Total (8). Además de esto puede ser **Crítico**, en cuyo caso tomara el valor de 8.
- **Momento**, permite determinar el momento en que ocurre el impacto: Largo plazo (1), Medio plazo (2) e Inmediato (4). Además puede ser **Crítico** con valores adicionales +1 y +4.
- **Persistencia**, determina la permanencia del impacto: Fugaz (1), Temporal (2), Pertinaz (4) y Permanente (8).
- **Reversibilidad**, indica el grado o momento de Reconstrucción del impacto: Ninguno (0), Corto plazo (1), Medio plazo (2), Largo plazo (4), Irreversible (8) e Irrecuperable (20).

Con el botón **Importancia** se calcula importancia del impacto con la siguiente ecuación: $\text{Signo} (3 \cdot \text{Intensidad} + 2 \cdot \text{Extensión} + \text{Momento} + \text{Persistencia} + \text{Reversibilidad})$, el resultado se muestra a la derecha del botón. **Bandera Roja (Alerta)**, permite identificar

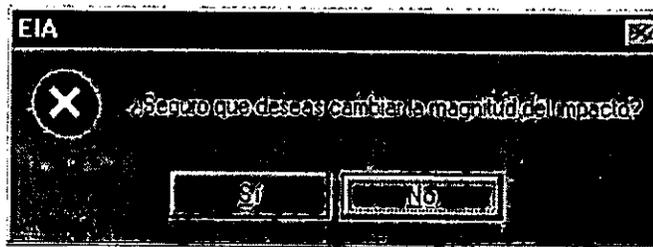
aquellos impactos que tendrán una mayor atención sobre los demás.

Los botones **Interacción Anterior** e **Interacción Siguiente** permiten desplazarse entre las diferentes interacciones que existen, en la parte superior derecha indica el número de la interacción actual, así como la cantidad de interacciones.

EL campo **Magnitud** indica la magnitud del impacto, dada por la interacción de la acción y el factor. El campo que está más a la *derecha* indica la forma en que el sistema experto determinó la magnitud. Si no hay magnitud los campos deberán contener un signo de interrogación (?), como lo muestra el ejemplo. Para llenar este campo es necesario presionar el botón **Magnitud del impacto (Sistema experto)**. Si no hay un experto asociado a esta interacción aparecerá el siguiente mensaje:



Si ya hay un valor de magnitud en el campo **Magnitud** y además hay un experto asociado a la interacción aparecerá la siguiente ventana:

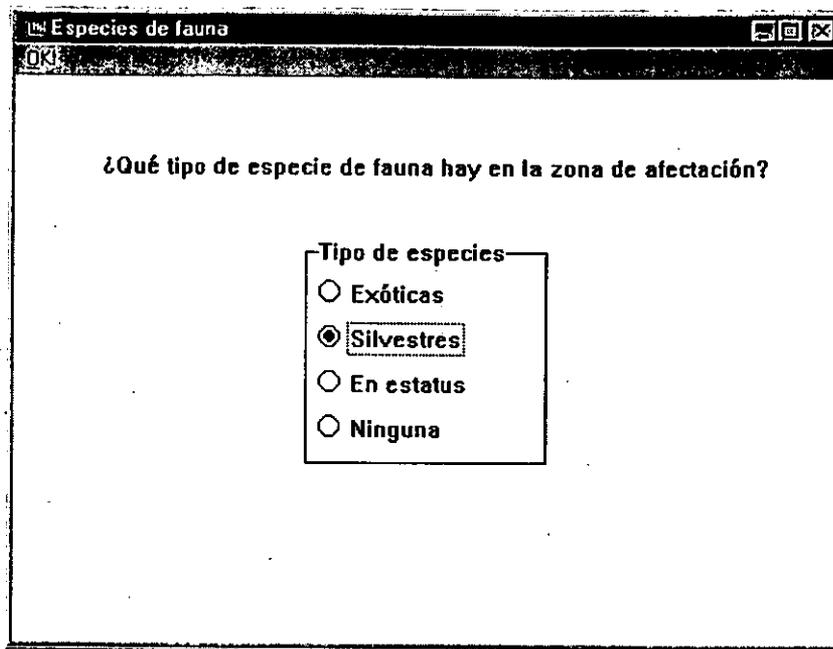


Si se desea cambiar la magnitud se responde que Sí de lo contrario No.

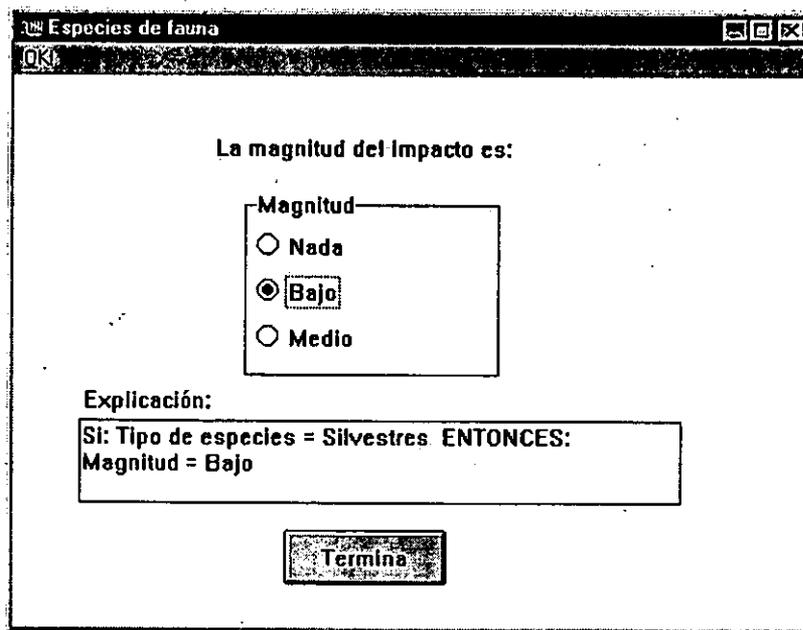
Si se responde que Sí aparecerá una serie de ventanas que corresponden a las preguntas del experto para determinar la magnitud. Los **criterios** que toma el experto para determinar la magnitud del impacto se pueden consultar presionando el acceso:



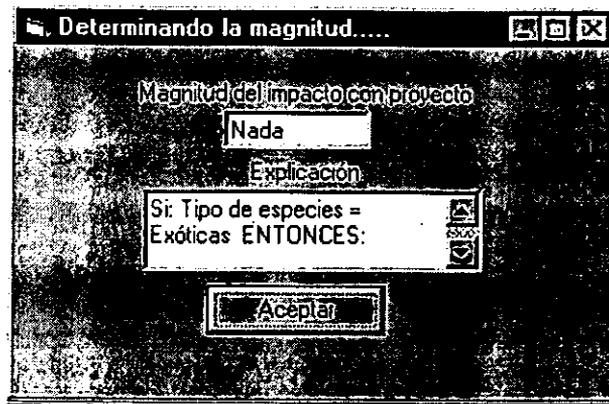
Por ejemplo esta es una pantalla de un sistema experto:



Se contesta las preguntas y se presiona **OK!** en la parte superior izquierda para continuar con las demás pantallas del sistema experto. Hasta terminar de contestar todas las preguntas donde aparecerá otra pantalla con el siguiente formato:



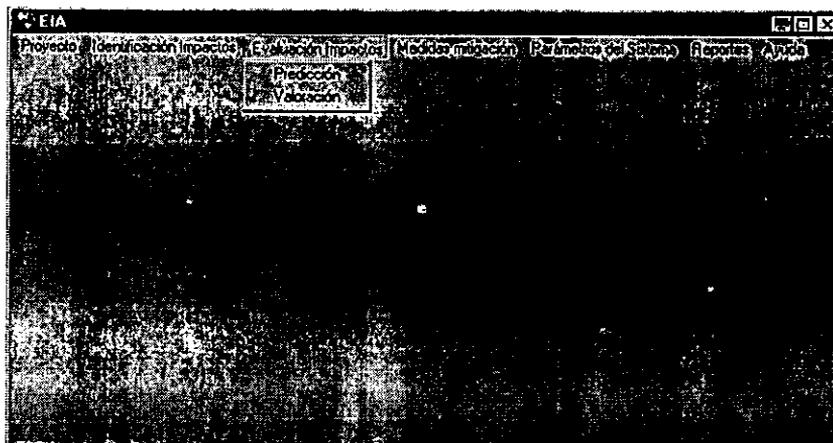
Aquí se presiona el botón de **Termina** para continuar con las demás interacciones. Después de presionar **Termina** aparecerá una ventana que confirma la magnitud del impacto obtenida.



Aquí se presiona **Aceptar** para cerrar la ventana y volver a la pantalla donde se captura los parámetros de la importancia y se llama a los sistemas expertos para obtener la magnitud.

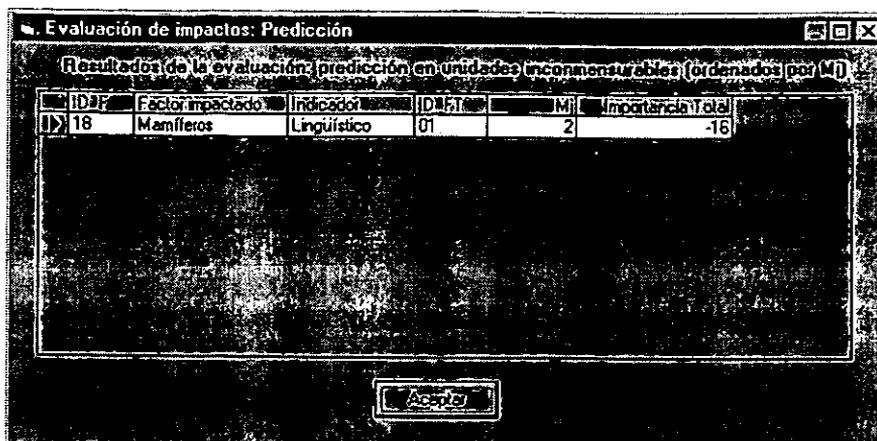
El botón **Aceptar** cierra la ventana (**Importancia y magnitud de impactos**) de parámetros de la importancia y magnitud. Al presionar el botón **Aceptar** se recalcula la importancia para todos los impactos.

18 Evaluación de impactos (Predicción y Valoración): acciones vs. Factores.



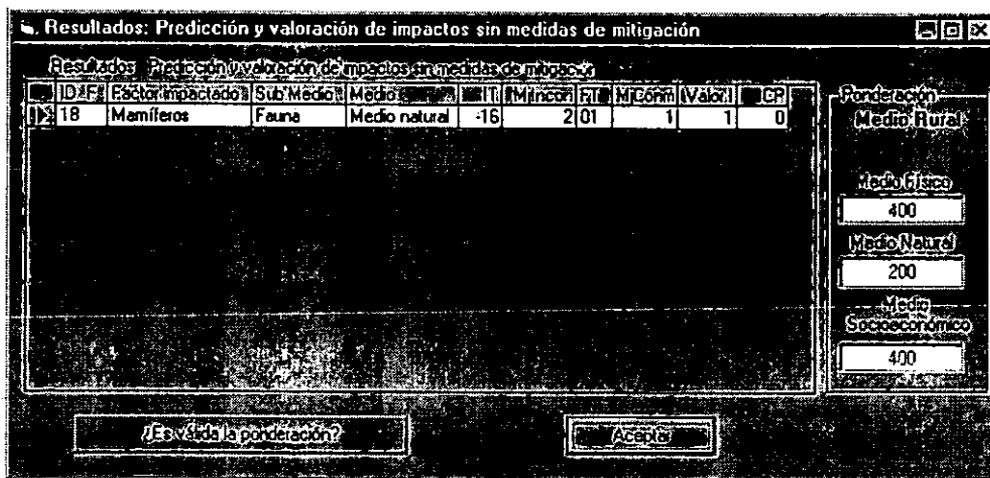
Para realizar la evaluación de impactos se lleva en dos partes: Predicción y Valoración. En la parte de predicción se obtiene la magnitud en unidades inconmensurables (en unidades de medida para cada factor), al seleccionar esta opción aparecerá la siguiente ventana:

Predicción de impactos:



Aquí aparecerán sólo aquellos impactos, interacciones entre acciones y factores, que tienen asociada una magnitud de impacto. Cada registro que se muestra en este listado (tabla) es la evaluación de todas las interacciones de las acciones sobre un factor. Donde **Mj** es la magnitud del impacto total sobre un factor (**ID_F**, **Factor impactado**). **Indicador** es el medio por el cual fue cuantificado el impacto sobre cada factor (**ID_F**, **Factor impactado**). **ID_FT** muestra la clave de la función de transformación asociada a cada factor. **Importancia Total** es la suma de la importancia de las diferentes acciones que interactúan con cada factor.

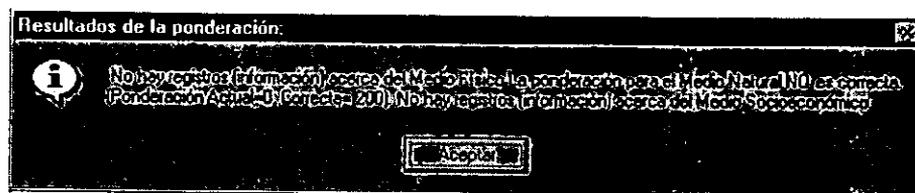
Valoración de impactos:



Aquí aparecerán sólo aquellos impactos, interacciones entre acciones y factores, que tienen asociada una magnitud de impacto. En la tabla de resultados se muestran los datos agrupados por **ID_F** y **Factor impactado**. **Sub Medio** es el tipo medio al que pertenece el factor y **Medio** es la categoría (*Físico, Natural y Socioeconómico*) del medio a que pertenece. **IT**, es el campo que contiene la importancia total para el factor ambiental **ID_F**. Y **MjIncon**, es la magnitud del impacto en unidades inconmensurables para el factor

ambiental. FTes la clave de la función de transformación asociada al factor ambiental para obtener **MjConn**, que es la magnitud del impacto en unidades commensurables obtenida a partir de **MjIncon**. **Valor I**, es el valor del impacto calculado a partir de la ecuación: $\text{Valor} = (\text{MCcon}^2)^{1/3}$. **CP** es el coeficiente de ponderación asociado a cada factor ambiental. La suma de la ponderación para los factores que pertenecen al mismo **Medio** no deben sobrepasar la cantidad que parece en el recuadro ponderación en la parte derecha de la pantalla. Para el ejemplo que aparece en la pantalla superior en el recuadro de **Ponderación** dice: **Medio Rural**, este medio es un parámetro del proyecto (sección 4).

Los campos **Medio Físico**, **Medio Natural** y **Medio Socioeconómico** sólo pueden ser editados cuando el parámetro del proyecto especifica un **Medio Mixto** en vez de un **Medio Rural**, **Medio Inalterado**, **Medio Rural Desarrollado** o **Medio Urbano**. Los campos **Medio Físico**, **Medio Natural** y **Medio Socioeconómico** indican el valor de ponderación máximo para los factores. Con el botón **¿Es válida la ponderación?** permite verificar si la distribución de la ponderación es adecuada para cada factor, según los campos **Medio Físico**, **Medio Natural** y **Medio Socioeconómico**. Cuando se presiona el botón **¿Es válida la ponderación?** aparecerá la siguiente ventana:



Esta ventana también aparecerá cuando se presione el botón **Aceptar**. Es importante para obtener una evaluación correcta que la distribución en la ponderación para los diferentes factores sea correcta. Será correcta cuando diga que No hay registros acerca de uno de los medios (o todos) y la ponderación es correcta. En el ejemplo que se muestra, no se hizo una ponderación correcta por que el registro que contienen el Factor ambiental Mamíferos (**ID_F = 18**) contienen una ponderación de cero siendo que pertenece al Medio Natural y le corresponde al Medio Natural una ponderación de 200, como lo muestra la ventana de resultados.

Nota: El Medio Mixto, Rural, Inalterado son categorías de medios donde se puede aplicar o llevar a cabo un proyecto. El Medio Físico, Natural y socioeconómico son categorías del medio a las que pueden pertenecer los diferentes factores ambientales. Los valores de ponderación que se muestran son los valores máximos por categoría, esto es que puede haber varios factores asociados a una categoría. En este caso se debe distribuir el valor de la ponderación para los factores que pertenecen a una misma categoría.

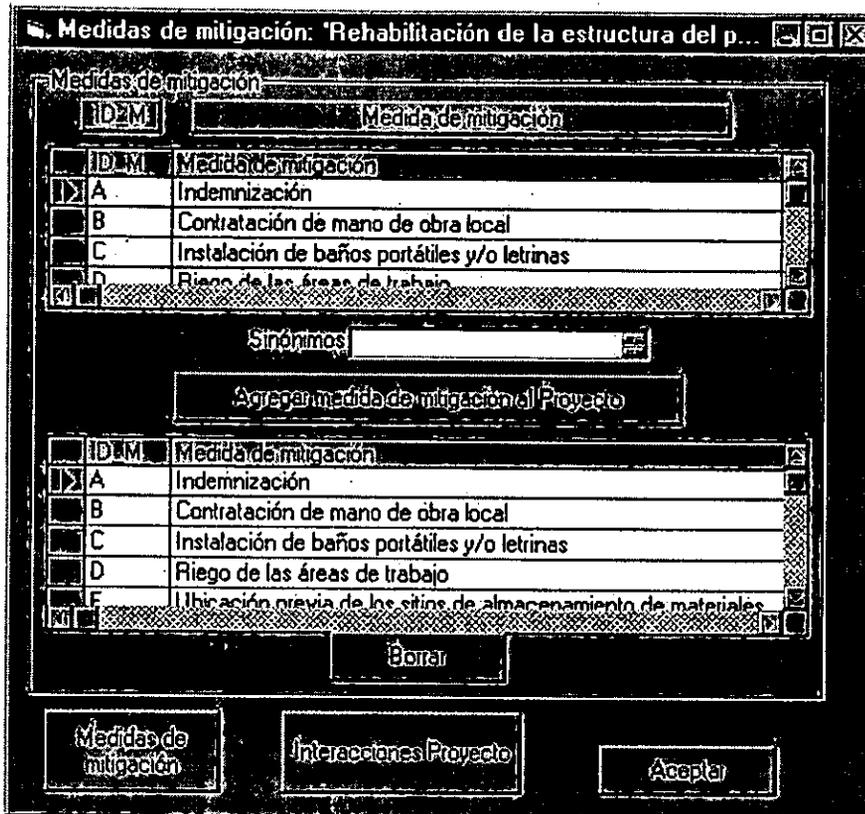
Ponderaciones máximas:

- **Medio Inalterado** -> Medio físico=400, Medio natural=400, Medio socioeconómico=200.
- **Medio Rural** -> Medio físico=400, Medio natural=200, Medio socioeconómico=400.
- **Medio Rural Desarrollado**, Medio físico=400, Medio natural=300, Medio socioeconómico=300.
- **Medio Urbano** -> Medio físico=600, Medio natural=100, Medio socioeconómico=300.
- **Medio Mixto** -> estos parámetros son dados por el usuario.

19 Medias de mitigación del proyecto.

Para agregar las medidas de mitigación a un proyecto se puede hacer de dos maneras: desde la pantalla de **Datos de proyecto** y desde el menú principal en la opción **medidas de mitigación -> Ver/Agregar medidas de mitigación**. La pantalla **Datos del proyecto** a su vez se puede obtener cuando se crea un proyecto nuevo, se abre uno ya existente o bien desde el menú principal con la opción **Proyecto -> Parámetros**.

Esta es la pantalla que permite editar las medidas de mitigación del proyecto:



En la lista superior del recuadro se muestra la lista de medidas de mitigación que contiene el sistema. La lista de medidas de mitigación puede ser **ordenada por ID_M y medida de mitigación** con el botón ID_M y Medida de mitigación respectivamente, al usar estos botones también se ordenará la lista de medidas del proyecto. Para editar esta lista se hace presionando el botón **Medidas de mitigación**, que se encuentra en la parte inferior izquierda de la pantalla (sección 1 y 1.2).

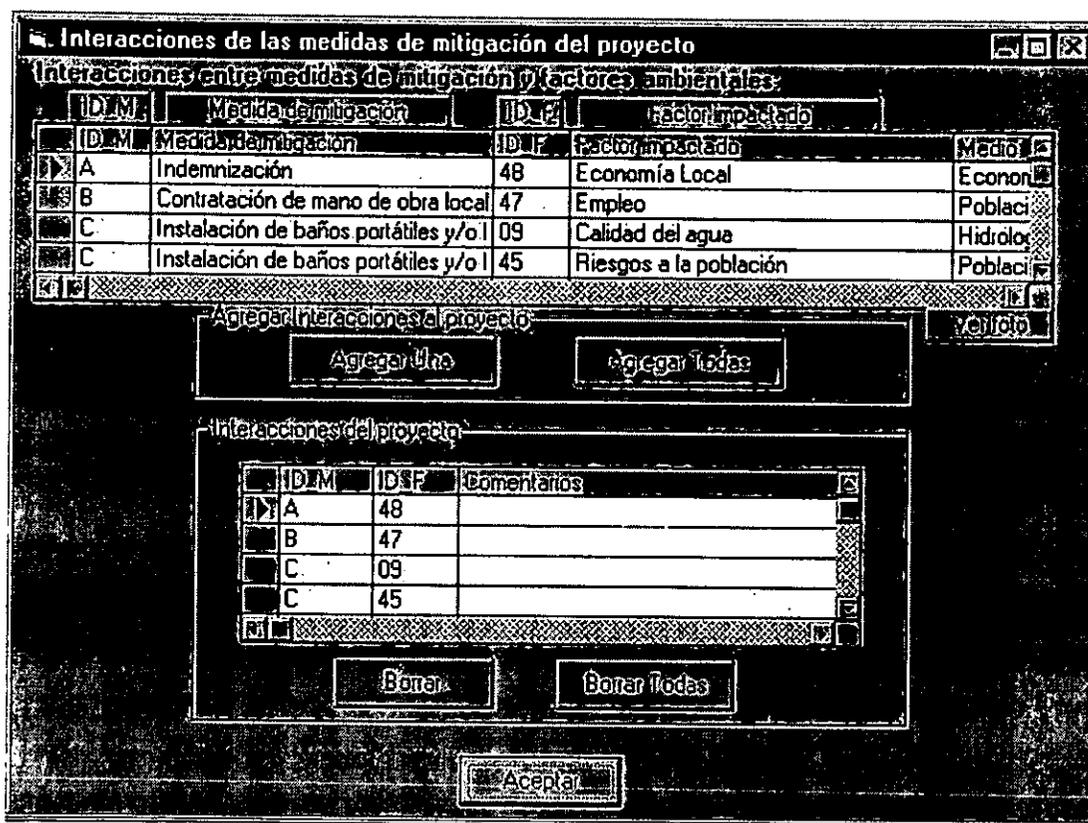
El campo **Sinónimos** muestra el sinónimo de la medida de mitigación seleccionada, donde el indicador de registro muestra cuál medida se ha seleccionado.

El botón **Ver foto** muestra la foto asociada a la medida de mitigación seleccionada (sección 6).

Para agregar una medida de mitigación al proyecto presionar **Agregar medida de mitigación al proyecto**, en este ejemplo se agrega la medida de mitigación Indemnización (ID_M = A). Donde la lista (tabla) inferior muestra las medidas de mitigación asociadas al proyecto. Con el botón **Borrar** se elimina la medida de mitigación seleccionada en la lista inferior.

El botón **Medidas de mitigación** abre la pantalla de edición de medidas de mitigación, donde se pueden modificar, agregar o ver. Esta pantalla de edición de medidas también puede ser acceda desde Parámetros del sistema (sección 1).

Con el botón **Interacciones Proyecto** se definen las interacciones entre las medidas de mitigación y los factores ambientales, al presionar este botón aparecerá la siguiente pantalla:



Para definir las interacciones entre una medida de mitigación y un factor ambiental para el proyecto, se **selecciona** la interacción en la lista (tabla) de la parte superior.

La lista de interacciones puede ser ordenada por ID_M, Medida de mitigación, ID_F o Factor impactado con el botón **ID_M, Medida de mitigación; ID_F y Factor impactado** respectivamente. Los botones se encuentran en la parte superior de la pantalla.

Aquí se muestran sólo las interacciones que contienen los factores y medidas del proyecto, es decir no están todas las interacciones que permite el sistema. En otras palabras si un

factor no se añadió al proyecto entonces esta interacción no aparecerá en la lista de interacciones de esta pantalla. Las interacciones no pueden ser modificadas desde aquí sólo a través de Parámetros del sistema. (secciones 1 y 14). El botón Ver foto permite ver la foto asociada a la interacción que se ha seleccionado (sección 6).

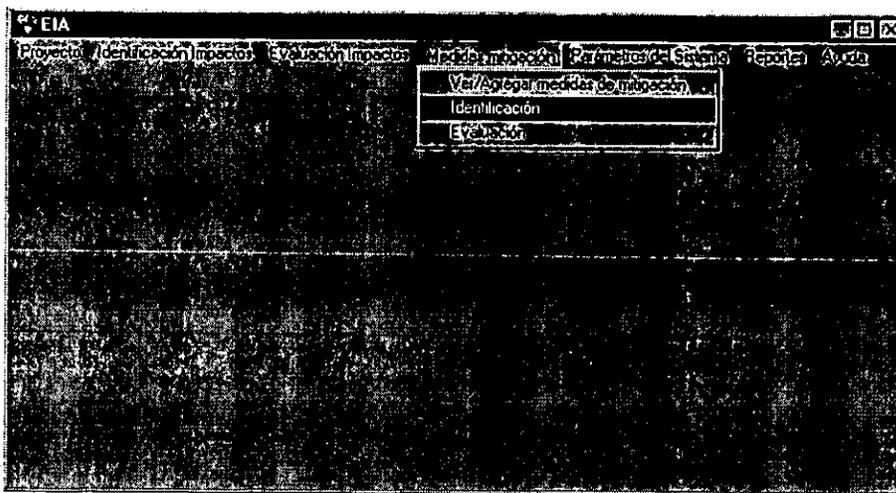
Para agregar una interacción se hace presionando el botón **Agregar Una**. Si ésta ya existe se envía un mensaje de aviso. Si se desean agregar todas las interacciones se presiona **Agregar Todas**, en este caso no se envía mensaje de aviso si ya existe alguna interacción simplemente no se agrega. Las **interacciones del proyecto** aparecen en la lista inferior, dentro del recuadro interacciones del proyecto. En el ejemplo se agregó la interacción de la medida de mitigación *Indemnización* (ID_M = A) y el factor *Economía Local* (ID_F = 48). Además de los campos ID_M e ID_F en la tabla de interacciones de medidas y factores existe el campo de **Comentarios**, en este campo se puede escribir un comentario acerca de esta interacción para el proyecto actual. Puesto que existe un campo de *descripción* que define el impacto de la interacción entre una medida y un factor en la sección Parámetros del sistema (1).

Con el botón **Borrar** se elimina la interacción del proyecto seleccionada. **Borrar Todas** elimina todas las interacciones del proyecto.

20 Evaluación de impactos: Medidas vs. Factores.

Para realizar la evaluación de impactos de las medidas se hace en dos etapas: primero en **Identificación** se obtiene la importancia para cada impacto (interacción entre una medida y un factor). Después se hace la **evaluación** (*Predicción y Valoración* de los impactos).

20.1 Identificación de impactos.



Después de seleccionar esta opción aparecerá la pantalla:

En el recuadro superior se muestra la interacción entre una **medida** y un **factor**. Para este ejemplo se tiene la interacción entre la medida ID_M = B y el factor ID_F = 47.

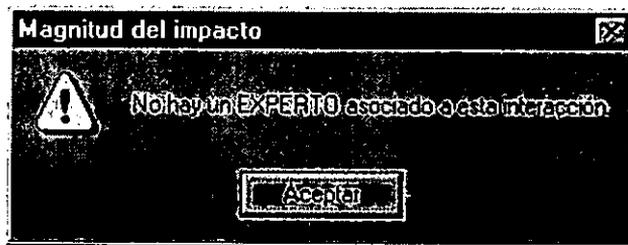
- **Medio** indica el tipo de medio del factor.
- **Signo**, indica si el impacto en esta interacción es positivo o negativo.
- **Intensidad**, determina el nivel de destrucción que tiene la interacción que puede ser: Baja (1), Media (2), Alta (4), Muy Alta (8) y Total (16).
- **Extensión**, determina el área de influencia de la interacción: Puntual (1), Parcial (2), Extenso (4) y Total (8). Además de esto puede ser **Crítico**, en cuyo caso tomara el valor de 8.
- **Momento**, permite determinar el momento en que ocurre el impacto: Largo plazo (1), Medio plazo (2) e Inmediato (4). Además puede ser **Crítico** con valores adicionales +1 y +4.
- **Persistencia**, determina la permanencia del impacto: Fugaz (1), Temporal (2), Pertinaz (4) y Permanente(8).
- **Reversibilidad**, indica el grado o momento de Reconstrucción del impacto: Ninguno (0), Corto plazo (1), Medio plazo (2), Largo plazo (4), Irreversible (8) e Irrecuperable (20).

Con el botón **Importancia** se calcula importancia del impacto con la siguiente ecuación: **Signo (3*Intensidad + 2*Extensión + Momento + Persistencia + Reversibilidad)**, el resultado se muestra a la derecha del botón. **Bandera Roja (Alerta)**, permite identificar aquellos impactos que tendrán una mayor atención sobre los demás.

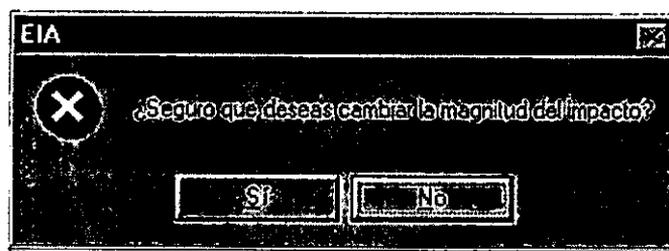
Los botones **Interacción Anterior** e **Interacción Siguiente** permiten desplazarse entre las

diferentes interacciones que existen, en la parte superior derecha indica el número de la interacción actual, así como la cantidad de interacciones.

EL campo **Magnitud** indica la magnitud del impacto, dada por la interacción de la medida y el factor. El campo que está más a la derecha indica la forma en que el sistema experto determinó la magnitud. Si no hay magnitud los campos deberán contener un signo de interrogación (?) como lo muestra el ejemplo. Para llenar este campo es necesario presionar el botón **Magnitud del impacto (Sistema experto)**. Si no hay un experto asociado a esta interacción aparecerá el siguiente mensaje:



Si ya hay un valor de magnitud en el campo Magnitud y además hay un experto asociado a la interacción aparecerá la siguiente ventana:



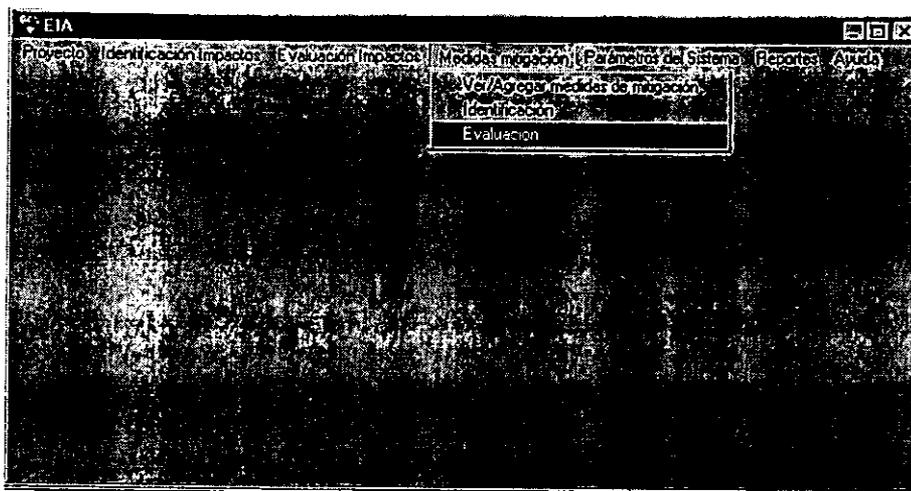
Si se desea cambiar la magnitud se responde que **Sí** de lo contrario **No**.

Si se responde que **Sí** aparecerá una serie de ventanas que corresponden a las preguntas del experto para determinar la magnitud. Los criterios que toma el experto para determinar la magnitud del impacto se pueden consultar presionando el acceso:



Las pantallas de los sistemas expertos y el proceso para obtener la magnitud del impacto se obtienen de igual forma que la magnitud entre las interacciones entre acciones y factores (sección 17).

20.2 Evaluación de impactos.



Con esta opción se realiza la evaluación de impactos en lo que se refiere a predicción y valoración de impactos. Los resultados se muestran en la siguiente pantalla:

Predicción y valoración de impactos de las medidas

Resultados: Predicción y valoración de impactos para las medidas de mitigación

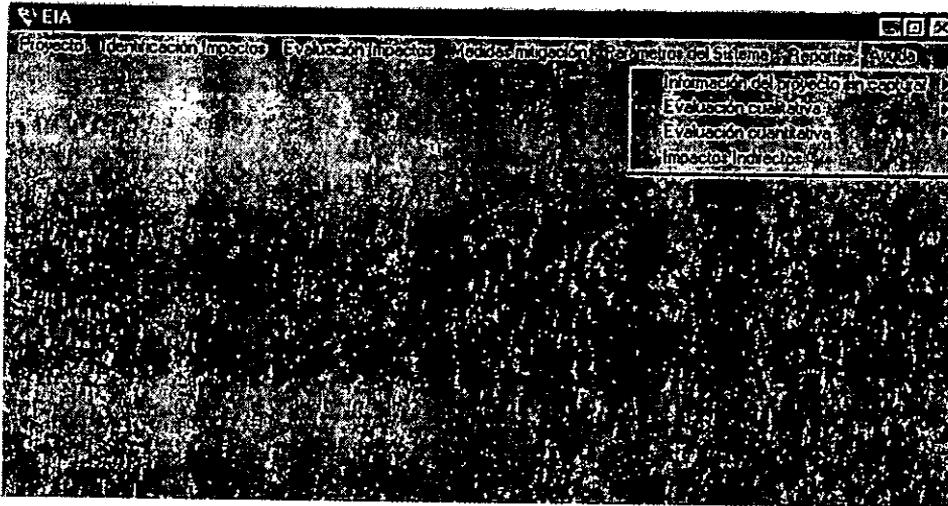
ID_F	Factor impactado	Medio	Importancia	MIcon	MCcon	Valor	Coste
12	Calidad del suelo	Medio físico	26	1	0.01	0.046	

Aceptar

En esta tabla se muestran los resultados de la evaluación, donde cada renglón corresponde a un factor ambiental. Aquí *sólo aparecerán* los factores que se encuentran en interacciones que tienen asociada una magnitud de impacto. Donde la columna **ID_F**, **Factor impactado** y **Medio** describen el factor ambiental al que corresponde cada renglón. **Importancia** es la medida de la importancia acumulada de las diferentes medidas que interactúan con el factor. **MIcon** es la magnitud del impacto de todas las medidas de mitigación que interactúan con el factor ambiental en cuestión. **MCcon** es la magnitud del impacto pero en unidades conmensurables (Calidad Ambiental, CA) obtenido a partir de **MCcon** aplicando una *función de transformación*, donde a cada factor ambiental se asocia una función de transformación, ésta función se define en Parámetros del sistema (sección I).

Valor es el valor del impacto que se obtiene de MCcon con la siguiente ecuación: $\text{Valor} = (\text{MCcon}^2)^{1/3}$. Coste es un campo que se emplea para indicar el costo, en porcentaje (%) a la inversión del proyecto, de las medidas de mitigación empleadas sobre un factor ambiental.

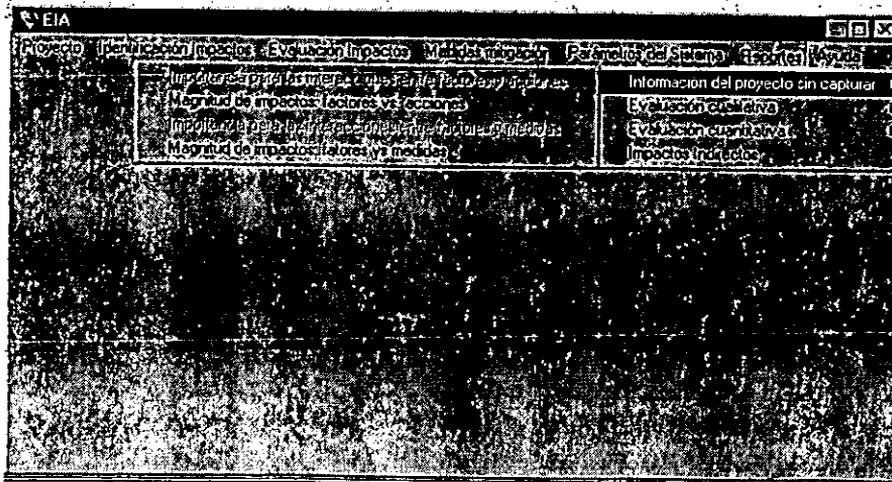
21 Reportes.



Existen tres categorías de reportes: Información del proyecto sin capturar, Evaluación cualitativa y Evaluación cuantitativa. Así como también el reporte Impactos Indirectos.

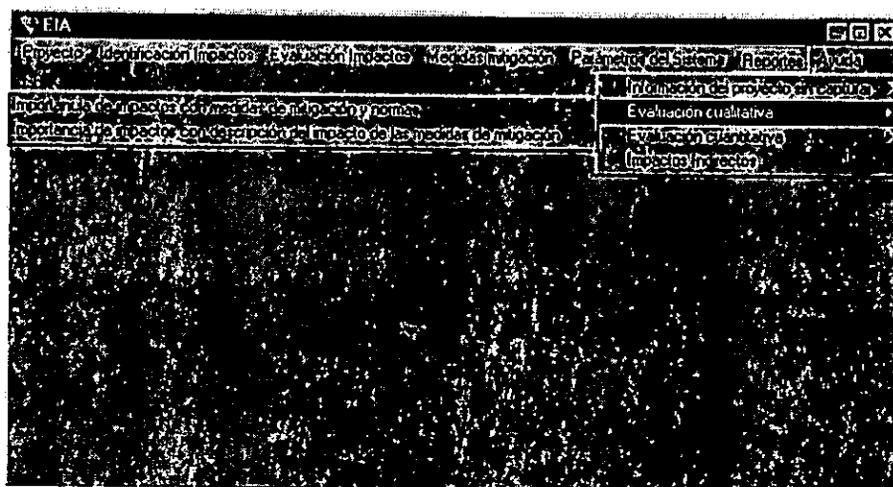
21.1 Información del proyecto sin capturar.

Si no hay información sin capturar no se activan las opciones del menú, es decir sólo se activarán cuando hay información por capturar. Estos reportes nos ayudan a saber si en los reportes de la evaluación obtendremos una evaluación completa.



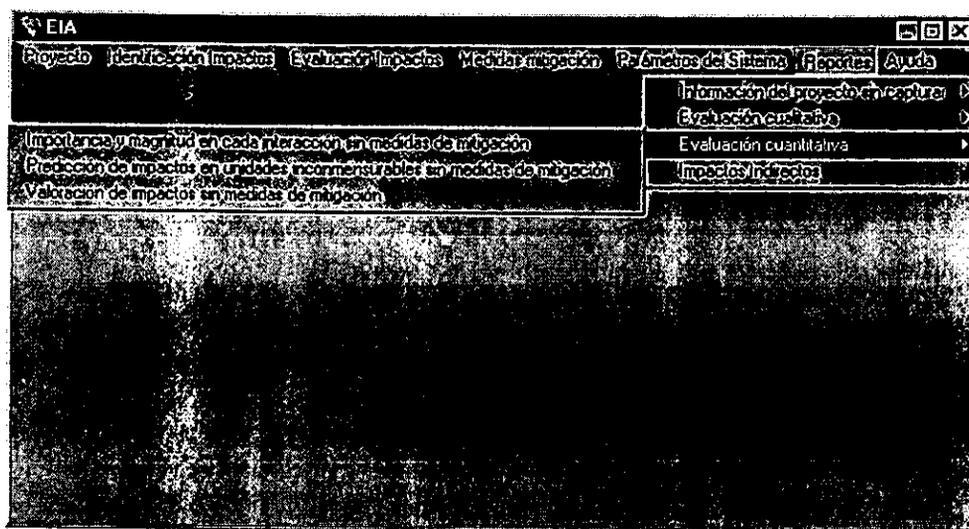
- **Importancia para las interacciones entre los factores y acciones.** Este reporte da un listado de interacciones entre factores y acciones que no tienen parámetros necesarios para obtener la importancia de los impactos (interacciones).
- **Magnitud de impactos: factores vs. acciones.** Lista las interacciones para las que no se ha obtenido la magnitud del impacto.
- **Importancia para las interacciones entre los factores y medidas.** Este reporte da un listado de interacciones entre factores y medidas que no tienen parámetros necesarios para obtener la importancia de los impactos (interacciones).
- **Magnitud de impactos: factores vs. medidas.** Lista las interacciones para las que no se ha obtenido la magnitud del impacto.

21.2 Evaluación cualitativa



- **Importancia de impactos con medidas de mitigación y normas.** En este reporte se listan los impactos para cada factor ambiental ordenados por la importancia de cada impacto, donde primero aparecen los impactos con importancia negativa. También se muestra para cada impacto las medidas de mitigación asociadas a cada factor ambiental con su importancia correspondiente, para mitigar el impacto sobre él. Además de la importancia total sobre un factor ambiental se muestra la **importancia neta** que es la suma de la importancia del impacto sobre el factor con la importancia de las medidas de mitigación. En la última columna del reporte se muestra el nombre de la **norma ecológica** asociada al factor ambiental.
- **Importancia de impactos con descripción del impacto de las medidas de mitigación.** Este reporte es similar al anterior (Importancia de impactos con medidas de mitigación y normas). Sólo que en vez de mostrar las normas ecológicas asociadas a cada impacto se muestra la descripción del impacto que tendrá la medida de mitigación sobre el factor ambiental.

21.3 Evaluación cuantitativa



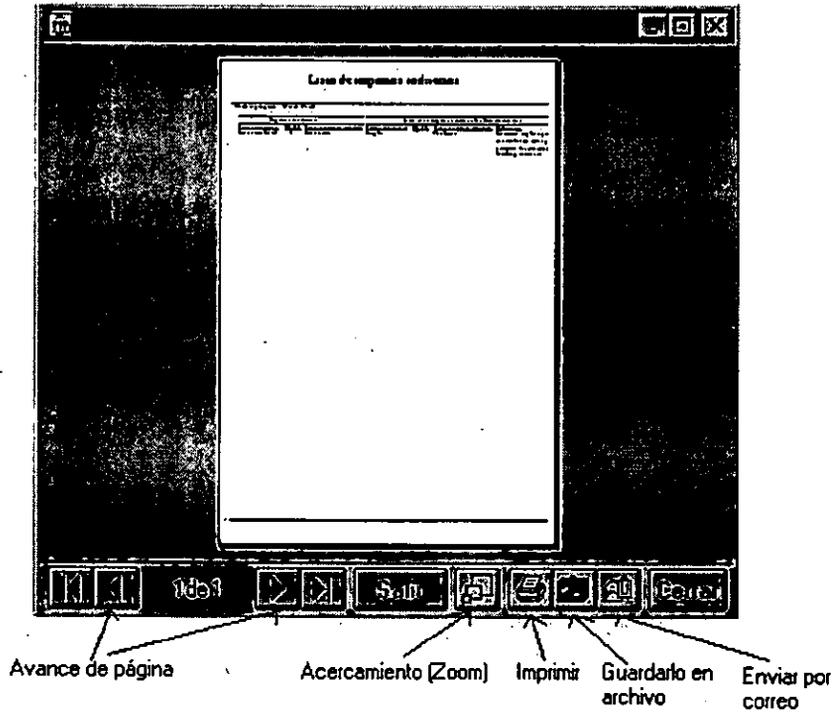
- **Importancia y magnitud en cada interacción sin medidas de mitigación.** En este reporte se muestra la información detallada de los parámetros de la importancia para cada impacto (interacción entre una acción y un factor), así como la magnitud del impacto si es que se le ha asignado alguna.
- **Predicción de impactos en unidades inconmensurables sin medidas de mitigación.** En este reporte se muestra el resultado de la evaluación cuantitativa para cada factor ambiental, considerando las diferentes acciones que pudieran causar algún impacto. Las unidades en que se muestra la magnitud de los impactos es empleando el indicador asociado a cada factor ambiental. Los campos que se muestran son **ID_F**, **Factor impactado**, **Indicador**, **Magnitud inconm** e **Importancia Total**.
- **Valoración de impactos sin medidas de mitigación.** Aquí se muestra los campos **ID_F**, **Factor impactado**, **Nombre FT**, **Magnitud**, **Valor impacto**, **CP** e **Impacto total**. Donde **Nombre FT** se emplea para obtener la **Magnitud** a partir de la magnitud obtenida en la predicción de impactos (magnitud inconmensurable), donde **Magnitud** es en unidades Conmensurables (Calidad ambiental, CA), que es la misma unidad de medida de la **Magnitud** para todos los factores que se listan en este reporte. **Valor de impacto** se obtiene a partir de la **Magnitud**. Y el **Impacto total** se obtiene con el Valor impacto y el **CP** (sección 18).

21.4 Impactos indirectos

Donde impactos indirectos se refiere a que si ocurre un impacto sobre un factor ambiental en algunos casos ocurrirá un impacto ambiental sobre otro(s) factor(es) ambiental(es). En este reporte se listan los factores impactados indirectamente con la referencia o descripción del impacto. Aquí se muestran todos los impactos indirectos, es decir también factores que no se incluyeron en el proyecto.

21.5 Diseño de los reportes

Los reportes se realizaron en CrystalReports ver. 4.6.1. El formato de todos los reportes es el mismo sólo varía su contenido.



Bibliografía

- [1] **Las manifestaciones de impacto ambiental. Un análisis crítico.**
Dr. Exequiel Ezcurra, Centro de Ecología. UNAM
- [2] **¿Qué es la evaluación de impacto ambiental?**
José Baquero Franco, Ingeniero agrónomo. Ingeniería Química-Junio 1988
- [3] **Environmental Impact Assessment, theory and practice**
Peter Wathern, Internationales Institut für Umwelt und Gesellschaft,
Wissenschaftszentrum, Berlin
- [4] **Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental**
V. Conesa Fernandez – Vítora, 1993.
- [5] **Sistemas Expertos, DieterNebendahl (SIEMENS-NIXDORF)**
Proyecto USV, pag. 140-149
- [6] **EXDAMS: EXPERT DATABASE MANAGMENT SYSTEM FOR ENVIRNMENTAL IMPACT ASSESSMENT**
Application of Advanced Information Technologies, pp 309-316 ISBN 1-882345-22-3
Elsadig Abdalla Aljack, Mohamed Daud; Faculty of Engineering, University Putra
Malaysia
- JESEIA: A KNOWLEDGE BASED EXPERT SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT USING CLIPS**
Application of Advanced Information Technologies, pp 317-320 ISBN 1-882345-22-3
Moneef Mohammad Jazzar, Mohamed Daud; Faculty of Engineering, University Putra
Malaysia
- [7] **Intelligent Hybrid Systems, Suran Goonatilake, Sukhdev Khebbal**
- [8] **Artificial Intelligence, Rusell Stuart and Peter Norving**
- [9] **Inteligencia Artificial, Elaine Rich y Kevin Knight**
- [10] **Case Based Reasoning, Morgan Kaufmann Publishers Inc.**
- [11] **Representing Uncertain Knowledge: An Artificial Intelligence Approach**
Paul Krause, Dominic Clark
- [12] **MICAI: Mexican International Conference on Artificial Intelligence**
Memorias editadas por Osvaldo Cairó, Francisco Cantú, Enrique Succar, Abril del 2000
- [13] **Principles of Expert Systems, Amar Gupta, Bandreddi E. Prasad, IEEE Press 1988**

- [14] **Expert Systems: Principles and programming**, Giarratano Joseph y Gary Riley
- [15] **Introduction to expert systems**, Ignizio James
- [16] **Introduction to Expert Systems**, Jackson P.
- [17] **Expert Systems and Applied Artificial Intelligence**, Turban Efraim
- [18] **EEIE: An Expert System For Environmental Impact Evaluation**
Alejandro Pazos, Antonio Santos del Riego, Antonio Rivas-Feal
Laboratory for Bomedical Applications of Artificial Intelligence, Department of Computer Science.
- [19] **Level5 Agent: OLE Automation with LEVEL5 OBJECT**
Ayuda en línea de Level5 ver. 3.6.1
- [20] **SEGARE (Un sistema experto para la generación automática de resoluciones de manifestaciones de impacto ambiental)**. Pedro Rafael Mendoza, Morris Schwarzblat
Boletín IIE, Julio/Agosto 1997 p.p. 170-174
- [21] **An approach for evaluating EIA's Deficiencies of EIA in México**, Luis A. Bojórquez-Tapia, Ofelia García, 1998
- [22] **Tópicos Selectos de la producción Agrícola actual. Impacto ambiental de las obras hidrológicas**, trabajo de seminario de Héctor Ibarra Pérez, Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán-UNAM, 1997
- [23] **Manual de desarrollo de Sistemas Expertos**. Dr. Felipe Lara Rosano, M. En I. Nicolás Kemper Valverde.
- [24] **Sistemas Expertos para incrementar la productividad en la industria y negocios**. M. En I. Nicolás Kemper Valverde. Lima, Perú 1997
- [25] **Knowledge and Database Managment**. Gio Wiederhold, Stanford University, IEEE Press 1988
- [26] **Whether Software Engineering Needs to be Artificially Intelligent**. Herbert A. Simon, IEEE Press 1988

Agradecimientos

A mis padres y hermanas por su gran apoyo moral e incondicional.

A mis tíos y primos.

A mi tutor de tesis Nicolás Kemper Valverde por todo su apoyo para la realización de este trabajo y durante mis estudios.

A Sachiko Chiriguchi Murayama por su apoyo en el desarrollo del sistema.

A mis amigos y compañeros de la maestría.

Al Centro de Instrumentos de la UNAM que a través del laboratorio de Sistemas Inteligentes me dio el apoyo durante mis estudios y para la realización de este trabajo.

A Conacyt (Consejo Nacional de Ciencia y tecnología) por el apoyo económico con una beca completa durante mis estudios.

A la DGEP (Dirección General de Estudios de Posgrado) de la UNAM por apoyarme económicamente con una beca complementaria durante los últimos tres semestres de mis estudios.

Al personal administrativo que coordina la maestría por su amabilidad y apoyo durante mis estudios.