

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**SISTEMA EXPERTO BASADO EN REGLAS PARA  
OPTIMIZAR LA IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y  
MEDIDAS DE MITIGACION DE IMPACTOS  
AMBIENTALES APOYADO EN LA MATRIZ DE  
LEOPOLD.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**GARCÍA SAMAMÉ, SILVIA CRISTINA**

**Chiclayo 04 de Abril del 2012**

**SISTEMA EXPERTO BASADO EN REGLAS PARA  
OPTIMIZAR LA IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y  
MEDIDAS DE MITIGACION DE IMPACTOS  
AMBIENTALES APOYADO EN LA MATRIZ DE  
LEOPOLD.**

**POR:**

**GARCÍA SAMAMÉ, SILVIA CRISTINA**

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para  
optar el título de  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

---

**Ing. EDUARDO ALONSO PEREZ  
PRESIDENTE**

---

**Ing. LUIS ENRIQUE BARRUETO CHUNGA  
SECRETARIO**

---

**Ing. LUIS ZUÑE BISPO  
ASESOR**

## DEDICATORIA

*A mi madre,  
que con su amor incondicional,  
me enseña a enfrentar los obstáculos de la vida,  
que con su paciencia,  
me ayuda a lograr todo aquello que me propongo,  
nunca podré compensar tanta entrega,  
nada pediste a cambio,  
todo lo das con amor desmedido,  
te agradezco toda la felicidad que me das,  
te amo muchísimo Betty Aurora.*

*A mis abuelitos, Hipólita, Consuelo y Jacinto,  
por darme momentos de alegría durante mi niñez,  
por amarme y protegerme mientras estaban a mi lado,  
y por seguir haciéndolo desde el reino de Dios.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por regalarme la fuerza espiritual día a día,  
por protegerme de las personas que asechan mi bienestar,  
y por darme la oportunidad de seguir en sus pasos.*

*Al Ing. Luis Zuñe Bispo,  
por su apoyo, su paciencia y confianza en mi trabajo,  
por haberme facilitado los medios suficientes  
para llevar a cabo todas las actividades propuestas  
durante el desarrollo de esta tesis, que Dios lo bendiga siempre.*

*Al Ing. Jorge Castañeda Barba,  
por brindarme sus conocimientos, su experiencia  
y toda la información necesaria sobre  
la Evaluación de Impacto Ambiental.*

*A unas personas muy especiales,  
Fátima Romero Medina y Edward Delzo Romero,  
que contribuyeron con sus aportes y observaciones  
para mejorar el contenido de esta tesis durante su desarrollo,  
que la bendición de Dios esté siempre con ellos.*

*A mis hermanos y a mi padre,  
que dentro de sus posibilidades,  
contribuyeron para la culminación  
satisfactoria de mi profesión.*

## INDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCION.....	09
II.	MARCO TEORICO.....	11
	2.1 ANTECEDENTES .....	11
	2.2 BASES TEORICAS.....	14
	2.2.1 EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA).....	14
	2.2.2 LA EIA Y LA TECNOLOGIA.....	24
	2.2.3 SISTEMAS EXPERTOS.....	25
	2.2.4 METODOLOGIAS: GROVER E IDEAL .....	33
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
	3.1 TIPO DE INVESTIGACION.....	39
	3.2 DISEÑO Y CONTRASTACION DE HIPOTESIS.....	39
	3.3 POBLACION Y MUESTRA.....	39
	3.4 VARIABLES E INDICADORES.....	40
	3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	41
IV.	RESULTADOS.....	412
	ETAPA I: AQUISICION DEL CONOCIMIENTO.....	41
	ETAPA II: CONSTRUCCION DEL SISTEMA.....	
	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
V.	DISCUSION.....	77
VI.	PROPUESTA.....	78
VII.	CONCLUSIONES.....	799
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
IX.	ANEXOS.....	82

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 01.-</b> Entrevista sobre los procesos de: Identificación de impactos, evaluación de impactos y obtención de medidas de mitigación.	.....82
<b>Anexo 02.-</b> Número de días para asignar actividades.	.....83
<b>Anexo 03.-</b> Número de días para encontrar efectos o problemas ambientales.	.....83
<b>Anexo 04.-</b> Número de días para obtener las medidas de mitigación.	.....83
<b>Anexo 05.-</b> Número de días para la realización de la evaluación de impacto ambiental.	.....83
<b>Anexo 06.-</b> Entrevista de la opinión del sistema propuesto dirigido a la Gerencia de Desarrollo Olmos.	.....84

## RESUMEN

En la presente tesis titulada “Sistema Experto Basado en Reglas para Optimizar la Identificación, Evaluación y Medidas de Mitigación de Impactos Ambientales apoyado en la Matriz de Leopold”, aplicada en la Gerencia de Desarrollo Olmos área perteneciente al Proyecto Especial Olmos - Tinajones, se observa que dentro de todo proyecto de inversión, ya sea público o privado, los procesos que presentan más problemas son los de identificación, evaluación y medidas de mitigación. Debido a que dichos procesos son realizados manualmente, originan una situación de agotamiento y de trabajo tedioso para el responsable de realizar la evaluación de impacto ambiental contenida dentro del estudio de impacto ambiental de todo proyecto. Así como también, no es posible disponer de información histórica en un tiempo oportuno y de manera práctica debido a la falta de sistematización de las actividades que se desarrollan durante la ejecución de un proyecto y de los capítulos concernientes a la identificación, evaluación y plan de manejo ambiental donde se definen las medidas de mitigación a llevar a cabo. Es por esto, que los plazos estimados para la realización de estudios de impacto ambiental resultan muy amplios pudiendo demorar de 4 a 6 meses, dependiendo de la magnitud del proyecto que se realice.

Por lo mencionado anteriormente, se tiene como objetivo mejorar los procesos de identificación y evaluación de impactos ambientales y obtener de manera más rápida y precisa, a través de la implementación del sistema experto basado en reglas, las medidas de mitigación de Estudios de Impacto Ambiental

Este trabajo de tesis se justifica debido a que gracias a la presente propuesta se logrará minimizar el tiempo empleado para la realización de los procesos, se permitirá disminuir los plazos de la realización de estudios ambientales. Así mismo, permitirá organizar, sistematizar y acumular toda la información ambiental para disminuir la posibilidad de errores y disponer de información histórica para la ejecución de otros proyectos.

Para el desarrollo del sistema experto, en la Etapa I: Adquisición de conocimiento se utilizó la Metodología Grover y en la Etapa II: Construcción del Sistema se utilizó la Metodología Ideal; empleando como manejador de base de datos el SQL Server 2008 y como lenguaje de programación Visual Studio 2008.NET.

**Palabras Clave:** Sistema experto, matriz de LEOPOLD, procesos de identificación, evaluación y medidas de mitigación, evaluación de impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

In this thesis entitled "Rule Based Expert System for Optimizing Identification, Evaluation and Mitigation Measures Environmental Impact supported Leopold Matrix", applied to the Development Management Olmos Special Project area belongs to Olmos - Tinajones, there is that in all investment projects, whether public or private, the processes that pose the most problems are the identification, assessment and mitigation measures. Because these processes are performed manually, result in a situation of exhaustion and tedious job for the manager to carry out environmental impact assessment contained in the environmental impact assessment of any project. And also, you cannot have historical information in a timely and practical manner due to lack of systematization of the activities developed during the project implementation and the chapters concerning the identification, assessment and plan environmental management that defines mitigation measures to be carried out. For this reason, the estimated time to carry out environmental impact studies are very large and may take 4 to 6 months, depending on the size of the project being undertaken.

As mentioned above, aims to improve the processes of identification and evaluation of environmental impacts and obtained more quickly and accurately through the implementation of rule-based expert system, mitigation of Environmental Impact Studies.

This thesis is justified because by this proposal will be achieved by minimizing the time taken to perform the processes, will reduce the time of the environmental studies. Also, will organize, systematize and collect all the environmental information to reduce the possibility of errors and historical information available for the implementation of other projects.

For the development of expert system in Phase I: Knowledge acquisition methodology was used Grover and Phase II: Construction System Ideal methodology was used, employing as manager database on SQL Server 2008 and how language programming Visual Studio 2008.NET.

**Keywords:** Expert System, parent of LEOPOLD, processes of identification, assessment and mitigation measures, environmental impact assessment.

## I. INTRODUCCIÓN

El medio ambiente se conceptualiza como el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos, incluyendo al Hombre) interrelacionados entre sí. Un cambio oportuno de mentalidad ha propiciado la adopción de regulaciones, disposiciones, decretos y leyes a favor de un incremento de la calidad de la vida, la cual está ligada al uso y disfrute del medio ambiente. Así pues la garantía de todo progreso implica incorporar la variable ambiental en todo proyecto u obra tanto regional como nacional y local. Dado que el país atraviesa por un “boom” de construcciones, urge un apoyo para realizar una utilización racional de los recursos y de esta manera lograr un desarrollo estable y continuo.

Según lo establecido por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, todos los proyectos de inversión pública y privados que impliquen actividades, construcciones u obras que puedan causar impactos ambientales negativos, no podrán iniciarse, ni autorizarse o aprobarse si no cuentan previamente con la certificación ambiental contenida en la resolución expedida por la autoridad competente. [Congreso de la República del Perú, 2001]

Para obtener la certificación ambiental, es indispensable la Elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, el cual comprende básicamente una Introducción, Descripción del Proyecto, Línea Base Ambiental, Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales y el Plan de Manejo Ambiental. [Collazos, 2005:42]

De las entrevistas realizadas al especialista en medio ambiente y del análisis de la documentación se ha determinado que la Gerencia de Desarrollo Olmos carece de una sistematización de los procesos relacionados a los capítulos concernientes a la identificación, evaluación y plan de manejo ambiental. Siendo cada uno de estos procesos realizados manualmente, pues la utilización de proyectos ambientales manuales para recolectar actividades demora 15 días, la identificación y evaluación es realizada en 20 días y las medidas de mitigación se obtienen en un lapso de 48 días, durante la ejecución de un proyecto esto origina una situación de agotamiento y de trabajo tedioso, pues esta forma de trabajo no se considera apropiada debido a que los plazos estimados para la realización de estudios de impacto ambiental resultan muy amplios, dependiendo de la magnitud del proyecto ambiental a desarrollar.

Una vez conocida la forma de trabajo en la Gerencia de Desarrollo Olmos, se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué manera se podrán mejorar los procesos de identificación y evaluación de impactos ambientales, logrando de manera más rápida y precisa la obtención de las medidas de mitigación en Estudios de Impacto Ambiental? Se propone como respuesta que la implementación de un sistema experto basado en reglas, mejorará los procesos de identificación y evaluación de impactos ambientales realizados en la Gerencia de Desarrollo Olmos, logrando de manera más rápida y precisa la obtención de medidas de mitigación en Estudios de Impacto Ambiental.

El objetivo general es mejorar los procesos de identificación y evaluación de impactos ambientales y obtener de manera más rápida y precisa, a través de la implementación del sistema experto basado en reglas, las medidas de mitigación de Estudios de Impacto Ambiental. Los objetivos específicos planteados son los siguientes:

- Sistematizar las actividades, los efectos o problemas encontrados y las medidas de mitigación durante la ejecución de un proyecto;
- Reducir los tiempos en los procesos de identificación y evaluación de impactos ambientales, en lo que respecta a minimizar el tiempo al correlacionar cada componente ambiental con cada actividad del proyecto lo que da como resultado la identificación de impactos y disminuir el tiempo de respuestas por consulta realizada durante la evaluación de impactos para obtener de manera más precisa las medidas de mitigación;
- Incrementar el volumen de información histórica para dar soporte a otros proyectos que se hayan iniciado;
- Disminuir el tiempo de respuesta con datos en tiempo real que den soporte a los capítulos de evaluación de impactos ambientales y plan de manejo ambiental de todo estudio de impacto ambiental.

La presente tesis queda justificada científicamente ya que se contará con la construcción de una herramienta de identificación y evaluación ambiental sistematizada, lo cual permitirá que en el futuro se amplíe este tipo de investigación no solo para ingeniería de sistemas, sino también para aspectos específicos al tema del medioambiente.

Socialmente esta herramienta permitirá evaluar de manera rápida y eficaz la relación medioambiental y socioeconómica, mejorando la capacidad de identificar y evaluar impactos significativos en áreas ambientalmente sensibles.

La utilización de esta herramienta queda justificada dentro de la organización, ya que disminuirán los plazos de ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental, permitiendo organizar, sistematizar y acumular en Bases de Datos la información sobre normativa ambiental.

En lo personal se recopilará información concerniente al Impacto Ambiental para poder utilizarla con la tecnología informática necesaria y, de esta manera construir una herramienta basada en la identificación y evaluación integrada de las posibles causas de impactos ambientales potenciales.

Finalmente, es factible financiera y económicamente, pues mediante la utilización de esta herramienta disminuirán los plazos de ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental, lo cual evitará que se extiendan los gastos para su culminación, lo que hace posible que se utilice el dinero ahorrado en otros proyectos necesarios por la organización.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 ANTECEDENTES

Con el apoyo de los métodos para la identificación de impactos ambientales se han podido realizar diferentes sistemas expertos orientados a agilizar los capítulos concernientes a la Identificación y Evaluación de Impactos y al capítulo del Plan de Manejo Ambiental.

Polux, sistema experto para la evaluación del impacto en salud de proyectos de inversión. Fue presentado en la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Ciudad de La Habana, 1992. Este sistema fue desarrollado por Millán, Mirta Iliana; Bériz, Thelvia Margarita; Salinas, Eduardo. En este proyecto se rescató una selección de actividades más usadas y las más peligrosas para la salud, así como también una relación de medidas de mitigación para contrarrestar los efectos causados por dichas actividades del proyecto. Este proyecto fue elegido como antecedente porque desarrolla un sistema experto persiguiendo el mismo fin de esta tesis, el cual es identificar fácilmente los posibles impactos que puede producir la ejecución de un proyecto.

Segare, sistema experto para la generación automática de resoluciones de manifestaciones de impacto ambiental. Realizado en la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental (DGOEIA) del Instituto Nacional de Ecología (INE), ciudad de México, 1997. Realizado por Pedro Rafael Mendoza Escobar, Morris Schwarzblat, Juan Arellano y Pedro Álvarez-Icaza. La elección de este antecedente se debió por su relación con la presente tesis, ya que el objetivo del sistema Segare es detectar los posibles efectos sobre el medio ambiente y verificar si las medidas de mitigación propuestas en el estudio de impacto ambiental son las apropiadas para minimizar las afectaciones o para compensarlas. Con el uso del sistema Segare se tienen las siguientes ventajas:

- Reducir el tiempo de escritura de un documento resolutivo.
- Evitar errores al transcribir información de forma manual.
- Su uso no está limitado a evaluadores expertos.
- Homogeneizar las partes del documento resolutivo, incrementando el contenido de las guías que se tienen actualmente.
- Homogeneizar el criterio de los evaluadores expertos.
- Permitir que los evaluadores se concentren en el proceso de evaluación.

Desarrollo de un sistema experto para la identificación de impactos ambientales de proyectos a partir de un sistema de información geográfica: aplicación a la comunidad de Madrid. Este sistema experto fue presentado en la Universidad Politécnica de Madrid – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, 2003. Realizado por Carlos Miguel Herrero Jiménez.

Este proyecto se eligió como antecedente de la presente tesis porque el desarrollo de este sistema experto se inició con la intención de generar nuevo conocimiento científico mediante el desarrollo de un modelo informatizado que permitiese identificar impactos ambientales que producen proyectos de inversión. El sistema puede ser empleado por una persona no familiarizada con

el programa informático, esto es, el programa puede utilizarse como un asesor en identificación de impactos ambientales.

Sistema experto para la evaluación de impacto ambiental de proyectos mineros, fue presentado en la Universidad de Granada-Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Ciudad de Granada, 2008. Realizado por Darlines Sánchez Muñoz. La elección de este antecedente se debió porque el sistema experto, al igual que la presente tesis, surge ante la necesidad de:

- Formalizar la metodología de trabajo de los expertos en medio ambiente que realizan las evaluaciones del caso de estudio seleccionado.
- Colaborar con el trabajo en equipo del grupo de expertos involucrados en el proceso de evaluación.
- Emplear información de evaluaciones de impacto realizadas con anterioridad.
- Combinar los valores de la magnitud y la importancia del impacto.
- Diseñar proyectos ambientales con necesidad para:
  - Satisfacer los requerimientos de las autoridades en cuanto al modo en que debe afectar el proyecto.
  - Colaborar con la mitigación de los impactos ambientales a partir de las evaluaciones desarrolladas a diferentes áreas del proyecto y llevando a cabo la evolución temporal del proyecto.

Desarrollo de Criterios de Evaluación y Monitoreo para el Programa de Ciencia y Tecnología - Estrategias de Análisis de Impacto Ambiental. Presentado por el Consejo Nacional de ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Realizado por Raymundo Carranza y Albina Lara. 2003. El presente informe se eligió como antecedente ya que contiene los lineamientos básicos para realizar los estudios ambientales. Para ello, previamente se explican los fundamentos teóricos de la evaluación tecnológica y ambiental. Se han desarrollado herramientas específicas para la elaboración del estudio ambiental que se considere necesario. Así mismo, se ha elaborado un diagrama de flujo que muestra los diversos pasos y procedimientos para el análisis y evaluación de impactos ambientales, con el fin plasmarlos en una herramienta haciendo que la evaluación de impactos ambientales sea más precisa, confiable y rápida.

Sistema Experto para la Evaluación de Impacto Ambiental (EEIE). Desarrollado por el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de la Coruña, España.

Este sistema implementa las metodologías de evaluación de impacto de Leopold y Batelle-Columbus. Realiza caracterizaciones y evaluaciones de hipótesis asociadas con la evaluación de impacto ambiental (EIA). Estas hipótesis son establecidas, al igual que la presente tesis, para enlazar acciones del proyecto con factores ambientales, con el fin de determinar acciones que impliquen la corrección de los efectos al medio. La evaluación de impacto ambiental determina la aceptación, modificación o revocación de un proyecto a evaluar. El objetivo principal de EEIE es la predicción de numerosos eventos e hipótesis que pueden contener incertidumbre. Se hace necesario un proceso de simulación y repetición de la evaluación de impacto usando ciclos de trabajo. En

cada caso esto puede entenderse como razonamiento no monotónico, donde nuevos eventos pueden modificar razonamientos previos. Por ejemplo, acciones de corrección pueden modificar el enlace de asociación entre acciones del proyecto y factores afectados.

Al igual que la presente tesis, la principal variable de EEIE es la evaluación del impacto ambiental. Se establecen 3 objetivos principales:

- Propuestas de planificación de proyectos y sus opciones considerando el impacto producido en los factores ambientales.
- Establecer acciones correctoras para disminuir los impactos al medio ambiente.
- Decidir sobre la ubicación del proyecto de la mejor forma posible.

Sistemas Experto con Base de Datos para la Evaluación de Impacto Ambiental (EDEIA). Desarrollado por la Facultad de Ciencias y Estudios Ambientales de la Universidad de Putra, Malasia.

EDEIA consiste de un prototipo de sistema experto y una base de datos, que permite manipular reportes relacionados con la evaluación de impacto ambiental.

- Las componentes ambientales y actividades que pueden ser clasificadas.
- La descripción del medio ambiente en clases de componentes similares a las actividades clasificadas.
- Los impactos, medidas de mitigación de estos y los impactos residuales deben ser claramente especificados.

Los preceptos fundamentales en los que se basa el sistema son:

El rol fundamental de EDEIA es asistir a los expertos de las evaluaciones ambientales para producir un reporte ambiental completo y eficiente. Es útil también para predecir impactos ambientales que puede provocar el proyecto.

En la base de datos con la que cuenta el sistema se tiene información relacionada con estudios de medio ambiente que se hayan desarrollado, tales como la descripciones de proyectos, impactos potenciales de estos, medidas de mitigación e impactos residuales. EDEIA produce un conjunto de reglas que le permiten conocer de la existencia de clases de componentes ambientales, y tipos de proyectos.

El sistema tiene como propósitos:

1. Proveer de un prototipo para manipular información compartida.
2. Asistir a los expertos en EIA a preparar reportes relacionados con la evaluación de impacto.
3. Colaborar en la predicción de impactos ambientales potenciales.
4. Asistir a las compañías encargadas de las evaluaciones en la preparación de un completo y eficiente informe de EIA en corto tiempo.

## 2.2 BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS

Espinoza [2001:16] se refiere al medio ambiente como el sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales y biofísicos y las relaciones entre ellos.

Nos dice también, que la humanidad tiene cada vez más capacidad para dominar la naturaleza; tanto que incluso amenaza su medio ambiente y por ende su supervivencia. Es por ello; que el calentamiento global de la atmósfera y el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad, la disminución de la masa vegetal y el avance de la desertificación, son evidencias de este deterioro.

### 2.2.1 EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Antes de referirnos al contexto de la EIA, Palacios [2006:38] afirma que la contaminación ambiental siempre ha existido pues, en parte, es inherente a las actividades del ser humano. Sin embargo, en años recientes se le ha debido prestar cada vez mayor atención, ya que han aumentado la frecuencia y gravedad de los incidentes de contaminación en todo el mundo y cada día hay más pruebas de sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud, es aquí cuando se hace presente el **impacto ambiental**. El cual, según Muñoz [2008:2] nos dice que se refiere a la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad, ya sea obra pública o privada, como la construcción de una carretera, las industrias, actividades mineras, una zona de recreo, un campo de cultivo, entre otras.

La alteración de un impacto ambiental no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el medio. Los efectos de los impactos ambientales pueden presentarse a corto o a largo plazo, pueden ser de corta o larga duración, algunos son reversibles y otros irreversibles, previsibles o inevitables.

Espinoza [2001:18] está convencido que la inquietud central respecto a un impacto ambiental es establecer el tipo de alteraciones que son molestas: ¿el ruido y los humos en el ámbito urbano?, ¿los problemas sanitarios?, ¿el efecto invernadero o el deterioro de la capa de ozono?

Las respuestas a estas preguntas constituyen los niveles de alteración ambiental cuyo significado e importancia preocupan a la humanidad en general, a los países y grupos humanos en particular.

¿Cuál es o puede ser el papel de la evaluación de impacto ambiental en este debate? La EIA es uno de los instrumentos preventivos de gestión ambiental que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas y, más aún, que ellas se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones.

Cerrón [2005:39] nos dice que la utilización de la EIA permite la preservación de los recursos naturales, la protección de los ecosistemas y la identificación de medidas de mitigación necesarias para eliminar o minimizar los impactos a niveles permisibles. Según Cerrón [2005:127] dice que un proceso de

identificación de impacto ambiental debe incluir una serie de características que lo hagan intrínsecamente una herramienta objetiva, eficaz e integral a fin de:

- Establecer un conocimiento técnico-científico amplio e integrado de los impactos e incidencias ambientales de acciones humanas.
- Identificar anticipadamente los impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas y diseñar en forma oportuna acciones que minimicen los efectos ambientales negativos y que maximicen los efectos positivos.
- Permitir a la autoridad tomar decisiones de aprobación, rechazo o rectificación con pleno conocimiento de los efectos negativos y positivos que implica una acción humana.
- Permitir a la autoridad ejercer un debido control sobre la dimensión ambiental de las acciones, a fin de garantizar que ellas no perjudiquen el bienestar y salud de la población.
- Lograr la participación coordinada de los distintos actores involucrados.

Un proceso de evaluación de impacto ambiental presenta un conjunto de ventajas que deben ser respetadas e incluidas para el logro de una adecuada protección ambiental. Las ventajas están relacionadas con [Cerrón 2005:128]:

- Conocimiento o entendimiento de las principales acciones humanas para lograr una comprensión profunda y extensa en una determinada localización.
- Previsión de los impactos negativos y positivos de una acción sobre la población y el medio ambiente.
- Flexibilidad para estudiar los efectos ambientales de una acción concreta en una determinada localización y aplicar medidas correctivas, optimizando el uso de los recursos utilizados.
- Eficiencia en el uso de recursos públicos y privados, por cuanto se analizan las alternativas de acción que evitan o disminuyan impactos en el medio ambiente, reduciendo la necesidad de destinar recursos en acciones correctivas posteriores.
- Participación ciudadana, ya que a través de su incorporación en un proceso de evaluación de impacto ambiental la comunidad se interioriza sobre los impactos, tanto ambientales como socioeconómicos y culturales, de una determinada acción, evitando los de carácter negativo.

Cerrón [2005:128] afirma que la aplicación o implementación de un proceso de evaluación de impacto ambiental necesita considerar los siguientes requerimientos:

- Debe ser documentada y fundamentada en todas sus etapas, de manera seria, confiable, relevante y de acceso fácil a las partes involucradas.
- La etapa de revisión debe permitir la participación activa y directa de los diferentes protagónicos (ponentes, autoridades públicas, expertos y ciudadanía).
- El proceso debe ser público, de tal manera que exista total conocimiento por parte de los involucrados, y sea además absolutamente transparente.
- El proceso debe permitir un seguimiento a la acción evaluada con el propósito de revisar el cumplimiento de las decisiones comprometidas a través del proceso de evaluación de impacto ambiental.

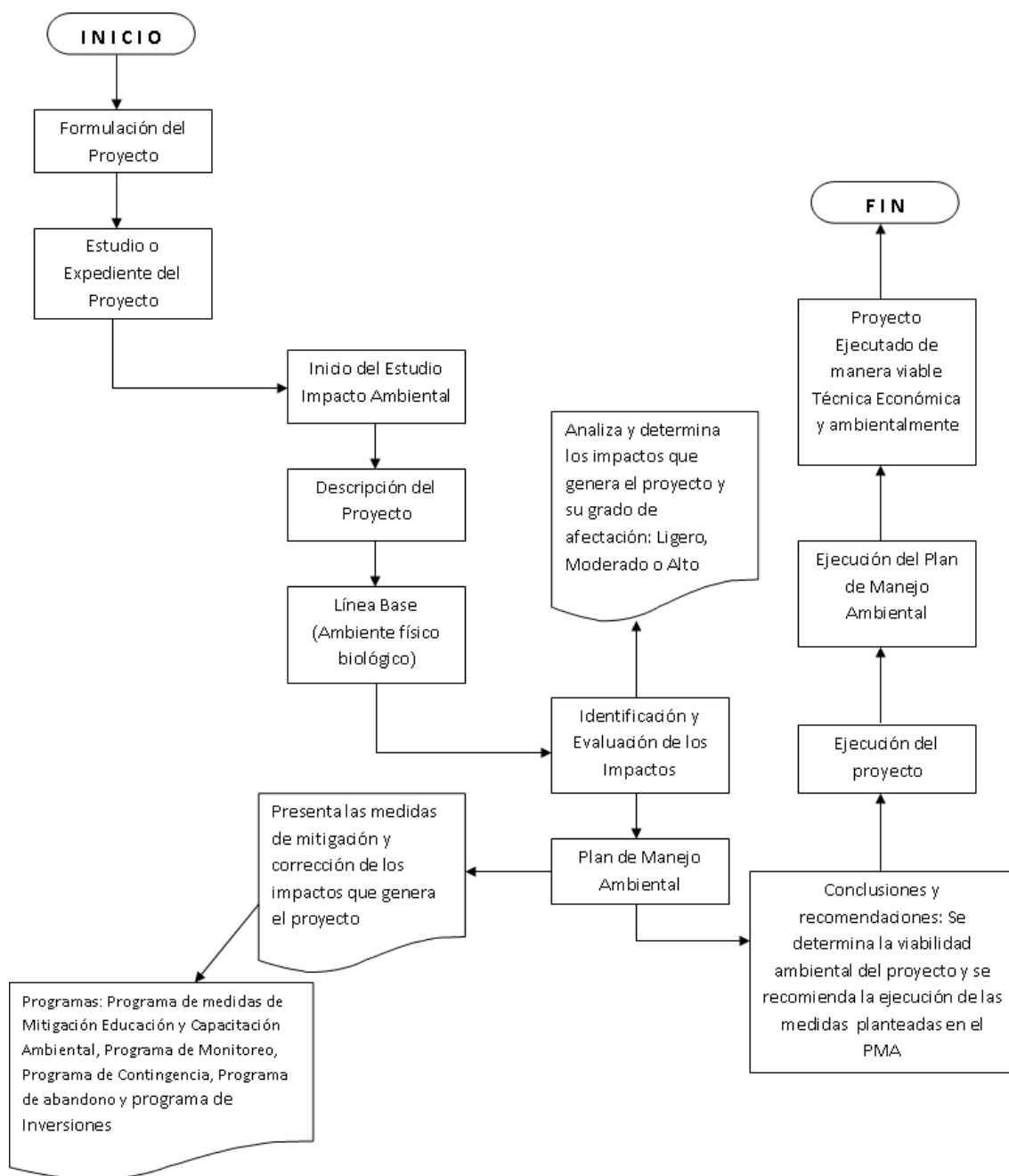
- Debe mostrar claramente las normas legales para la protección del patrimonio cultural, protección de áreas silvestres, protección de flora y fauna, niveles de producción de bienes y servicios, y niveles aceptables de contaminación del aire, agua y suelo.

Existen criterios que pueden utilizarse cuando se trata de decidir la necesidad de un estudio de impacto ambiental, Cerrón [2005:130] menciona los siguientes criterios:

- Magnitud del proyecto, tamaño de la obra, número de trabajadores.
- Localización próxima a áreas protegidas o recursos naturales que tengan categoría de patrimonio ambiental o población humana susceptible a ser afectada de manera negativa.
- Utilización de recursos no renovables.
- Probabilidad de riesgo para la salud de la población humana.
- Reubicación permanente o transitoria, u otras alteraciones de población humanas.
- Introducción de cambios en las condiciones sociales, económicas y culturales.

Cerrón [2005:41] nos dice que es importante distinguir dentro del contexto de la EIA el concepto del **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)** el cual tiene por objetivo el diagnóstico, la identificación, la predicción, la valoración y la mitigación de las consecuencias ambientales. El EsIA es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto, a fin de obtener la **Declaración de Impacto Ambiental (DIA)** donde se reflejan los resultados del estudio como las observaciones del proceso de participación ciudadana y las condiciones a establecer para la protección ambiental.

**Fig. 1: Diagrama de Flujo del Estudio de Impacto Ambiental**



Según la figura 1, corresponde a la realización del **EsIA**, donde entra a tallar la elaboración de la EIA, la cual según Cerrón [2005:41] es un proceso global, dirigido a prever e informar sobre los efectos que un determinado proyecto puede generar sobre el medio ambiente y que su utilización permite la preservación de los recursos naturales, la protección de ecosistemas y la identificación de medidas de mitigación necesarias para eliminar o minimizar los impactos a niveles permisibles.

Otra definición es la que nos da Sakoda, et al, [2005:6] diciendo que la EIA permite identificar anticipadamente los efectos ambientales negativos y positivos del proyecto para diseñar en forma oportuna medidas que minimicen los efectos negativos y que maximicen los efectos positivos.

Sin embargo, Ferrero [2001:1] afirma que según lo establecido por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, todos los proyectos de inversión pública y privados que impliquen actividades, construcciones u obras que puedan causar impactos ambientales negativos, no podrán iniciarse, ni autorizarse o aprobarse si no cuentan previamente con la certificación ambiental contenida en la resolución expedida por la autoridad competente.

### **2.2.2.1 TIPOLOGÍA DE IMPACTO AMBIENTALES**

Según la variación de la calidad ambiental, los impactos ambientales pueden clasificarse en [Cerrón, 2005: 107]:

- 1. Positivos:** Produce beneficios en términos de calidad ambiental para la sociedad, la vida humana, animal, los recursos naturales, (factores bióticos y abióticos)
- 2. Negativos:** Cuando el efecto físico se traduce en reducción de la calidad ambiental. Las pérdidas se reflejan en su valor natural, paisajístico, productividad ecológica; debida a la acción de la contaminación.

Según su intensidad o grado de destrucción pueden ser:

- 1. Impacto no significativo o bajo:** Cuando el efecto expresa una destrucción reducida en el medio ambiente.
- 2. Impacto leve o moderado:** Cuando los efectos son de mayor intensidad de destrucción que los mínimos. Usualmente estos impactos son aceptables y se expresan.
- 3. Impacto intenso o alto:** Cuando sus efectos negativos son de elevado riesgo y se estiman o clasifican de inaceptables.

### **2.2.2.2 METODOS DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS**

Para la realización de un proceso de identificación de impactos, es recomendable utilizar alguno de los Métodos de Identificación de Impactos que son presentados a continuación por Leyton [2004:46]:

#### **1. Listas de chequeo**

El método consiste en revisar una lista de factores ambientales, sociales y económicos que podrían ser afectados por el proyecto. Algunas veces se trata de listas extensas que incluyen efectos medioambientales e indicadores de impacto, es esas circunstancias, su objetivo es facilitar el análisis tan amplio como se posible.

Para no omitir ningún aspecto importante, se hace útil elaborar una lista de control, la cual tiene las siguientes características:

- Servir de medios exhaustivos en la identificación de impactos ambientales.
- Construir una lista ordenada de factores ambientales que pueden ser potencialmente afectados por el proyecto

- Orientar los problemas ambientales centrales: aire, agua, suelo, flora, fauna, cultura
- Servir de recordatorio a todas las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta.

## 2. Método de Leopold

Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos, inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros y posteriormente ha resultado útil en proyectos de construcción de obras.

**Fig. 2: Matriz de Leopold**

ACTIVIDADES DEL PROYECTO	COMPONENTES DEL MEDIO AFECTADO											
	FÍSICO - QUÍMICO						BIOLÓGICOS					
	SUELO			AGUA			AIRE		FLORA			FAUNA
	Erosión	Compactación	Contaminación	Cursos de agua	Inundaciones	Emisión de Gases	Emisión de Ruidos	Herbáceas	Arbustivas	Arbóreas	Terrestre	Aérea
<b>OBRAS PROVISIONALES</b>												
CAMPAMENTO DE OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CARTEL DE OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	0	-1	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0
GUARDIANA Y ALMACEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>												
LIMPIEZA Y DESBROCE	-7	0	0	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
TRAZOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HABILITACIÓN DE CAMINOS DE ACCESO	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>												
CONFORMACIÓN DE DIQUE	-1	0	1	3	3	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
PERFILADO Y REFINE DE TALUD DE DIQUE	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXCAVACIÓN DE UÑA DE CIMENTACIÓN	-1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
DEMOLICIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
EXCAVACIÓN PARA OBRAS DE ARTE	-1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
RELLENO PARA OBRAS DE ARTE	-1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (D = 0,50 Km.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Fuente: Proyecto Especial Olmos – Tinajones, Perú [2007]**

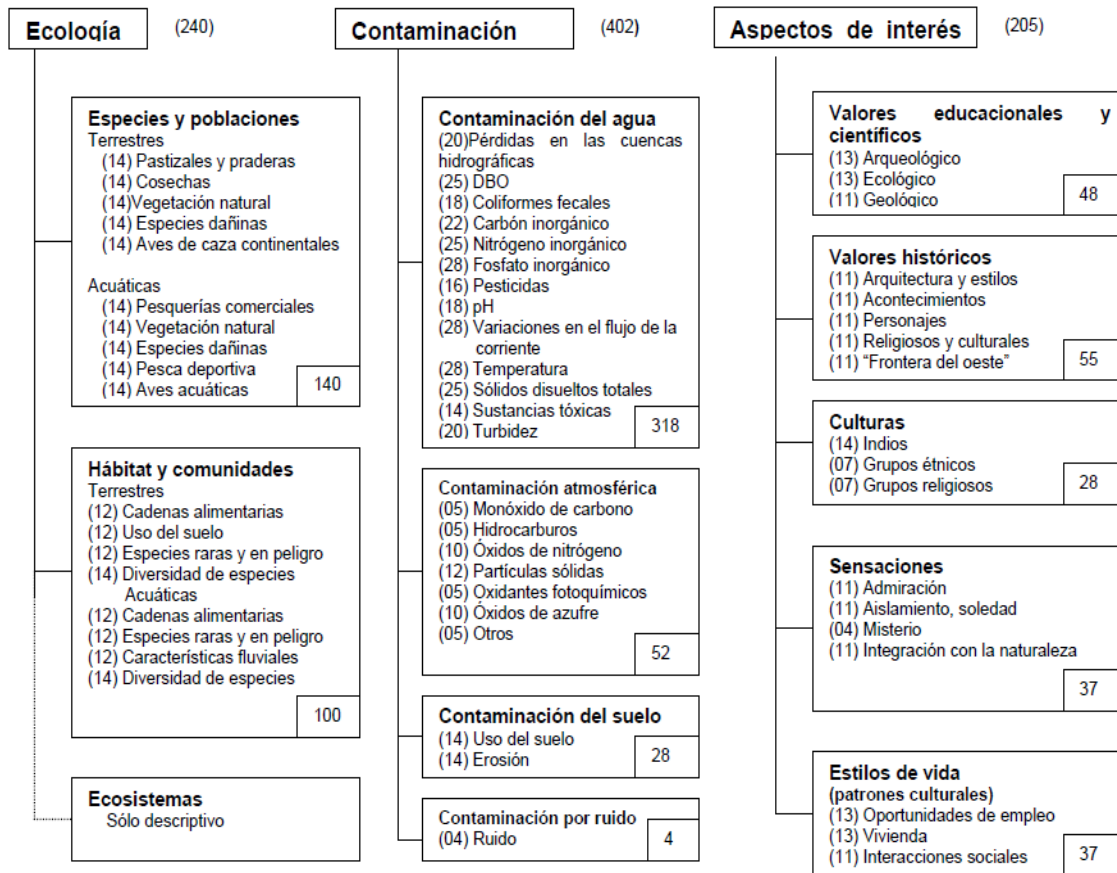
Para la utilización de la Matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se deben de tomar en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. Se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto.

Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente. Algunas veces se emplean marcas o símbolos, números o comentarios para identificar el tipo de impacto que se genera.

### 3. Método Battelle-Columbus

Fue elaborado para la planificación y gestión de recursos hídricos en Estados Unidos. Al aplicarlo a otros proyectos, sirve la metodología pero hay que revisar los valores asignados a los índices ponderales e incluso modificar sus componentes.

**Fig. 3: Método de Battelle - Columbus**



**Fuente: Leyton [2004]**

La figura 3, muestra un ejemplo de cómo debe ser llenado el método de Battelle, el cual se puede usar con dos fines:

- Medir el impacto ambiental sobre el medio de diferentes proyectos de uso de recursos hídricos (análisis de proyectos, escala micro).
- Planificar a medio y largo plazo proyectos con el mínimo impacto ambiental posible.

Se basa en una lista de indicadores de impacto, con 78 factores ambientales, que representan un aspecto del medio ambiente derivado de las acciones o proyectos. Estos factores ambientales están ordenados en un primer nivel según los 18 "componentes ambientales", los cuales se agrupan en cuatro categorías ambientales.

**Cuadro 1: Categorías y Factores ambientales del Método de Battele-Columbus**

Categorías Ambientales	Componentes Ambientales
Ecología	Especies y poblaciones Acuáticas Hábitat y comunidades Ecosistema
Contaminación	Contaminación del aire Contaminación del agua Contaminación del suelo Ruido
Aspectos estéticos	Suelo Aire Agua Flora Objetos artesanales Composición
Aspectos de interés humano	Valores educacionales y científicos Valores históricos Cultura Sensaciones Estilos de vida (patrones culturales)

*Fuente: Leyton [2004]*

#### **4. Sistemas basados en un soporte informatizado del territorio (SIG)**

Los Sistemas computarizados de Información geográfica (SIG), surgen como una herramienta para el manejo de los datos espaciales, aportando soluciones a problemas geográficos complejos, lo cual permite mejorar la habilidad del usuario en la toma de decisiones en investigación, planificación y desarrollo. Entre las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica, se destacan los servicios ofrecidos para:

Desarrollar proyectos de investigación interdisciplinarios en:

- Proyectos de ingeniería ambiental
- Manejo de recursos naturales, geológicos hídricos y energéticos
- Proyectos de planeación urbana
- Formación y actualización catastral

Procesamiento y análisis de imágenes de satélite para:

- Estudios de impacto ambiental
- Planes de uso del suelo
- Estudios sobre recursos naturales
- Geomorfología

Producción de modelos de elevación digital para:

- Cálculo de volúmenes en el diseño de vías.
- Ubicación de sitios de presas.

- Cálculo de mapas de pendientes y perfiles para el apoyo de estudios geomorfológicos y estimativos de erosión.
- Mapas temáticos que combinan relieve sombreado con información temática como suelos, cobertura y uso del suelo.

En la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para:

- Identificación y valoración del estado pre operacional del medio.
- Elaboración de inventarios estandarizados para los factores ambientales, y generación de la cartografía temática asociada.
- Identificación y valoración de impactos potenciales.
- Selección de alternativas.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son útiles en algunas fases del proceso de EIA. Este sistema de manejo de datos automatizado por ordenador puede capturar, gestionar, manipular, analizar, modelar y trazar datos con dimensiones espaciales para resolver la planeación compleja y la gestión de problemas.

Aunque los SIG ofrecen muchas ventajas como herramienta en los estudios de impacto ambiental, tienen muchas limitaciones, por ejemplo:

- La tecnología para modelar SIG todavía no ha sido suficientemente desarrollada para lograr ciertos modelos ambientales complejos.
- Los enlaces a otros paquetes de software o a programas de propósito especial puede necesitar que se desarrolle especialmente para una aplicación de EIA.
- Muy poca de la información requerida para estudios de EIA está también disponible de forma que pueda ser cargada directamente al SIG.

## 5. Método de Redes

Los diagramas de redes son aquellos métodos que integran las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existen entre las acciones causales y los factores ambientales que reciben el impacto, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios. Las redes ilustran los múltiples nexos entre las actividades de proyecto y las características ambientales y son por lo mismo necesarios en el proceso de identificación y representación de impactos.

Las **redes simplificadas**, utilizadas conjuntamente con otros métodos, ayudan a asegurar que los impactos ambientales no sean omitidos en las investigaciones.

Las **redes detalladas**, son por lo general complicadas, demandan bastante tiempo y suelen producir un relativo resultado, salvo que se contara con programas de cómputo para dicha tarea.

Finalmente, Cerrón [2005:224] manifiesta que los diagramas de redes son métodos útiles para identificar los impactos previstos asociados a posibles proyectos. Y son importantes en la organización del debate del proyecto sobre sus impactos previstos y con mayor razón para dar cuenta de ello al público

meta. Sin embargo, entre las limitación de las redes se critica la mínima información que genera acerca de los aspectos técnicos de la predicción de los impactos y sobre los medios para evaluar y comparar los impactos de las alternativas.

### 2.2.2.3 MITIGACION AMBIENTAL

En todo Estudio de Impacto de Ambiental, una vez terminada la identificación y evaluación de impactos se deben presentar las medidas de mitigación. Por lo general, se entiende como medidas de mitigación la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos negativos que pueden presentarse durante las etapas de construcción, operación, culminación y/o abandono de un proyecto, y están dirigidas a mejorar la calidad ambiental aprovechando las oportunidades existentes.

Cerrón [2005:344] nos dice que el propósito de la mitigación en el proceso de la evaluación de impactos ambientales es:

- Buscar mejores formas de hacer las cosas.
- Minimizar o eliminar los impactos negativos.
- Incrementar los beneficios del proyecto.
- Proteger los derechos individuales y colectivos.

Para comprender el sentido cabal de una medida de mitigación efectiva, es necesario formular determinadas preguntas clave respecto al problema:

- ¿Cuál es el problema-necesidad?
- ¿Cuándo ocurrirá el problema y cuando debe ser enfrentado?
- ¿Dónde debe ser enfrentado el problema-necesidad?
- ¿Cómo se debe enfrentar el problema-necesidad?

Según ello, el manejo exitoso del impacto requiere que las medidas de mitigación sean implantadas en el momento oportuno y en la forma correcta.

Durante la selección de opciones de mitigación ambiental se desprenden un conjunto de conceptos que son necesarios explicarlos y también nos ayudan en la redacción de medidas de mitigación [Cerrón 2005:347]:

- **Evitar:** mediante la selección de alternativas, se trata de impedir proyectos o acciones que pueden resultar en impactos adversos en el medio ambiente.
- **Preservar:** se debe prevenir cualquier acción que pueda afectar adversamente un recurso o tributo ambiental, para ello es necesario extender, en ciertos casos, el ámbito legal más allá de las necesidades del proyecto durante la selección de recursos.
- **Minimizar:** implica rectificar los impactos adversos a través de la reparación o mejoramiento del recurso afectado.
- **Restaurar:** se trata de conducir la rehabilitación al extremo, a fin de rectificar los impactos adversos sobre el medio ambiente, y lograr la restauración total, o devolver a su estado inicial los recursos afectados.

- **Reemplazar:** se trata de compensar la pérdida de un recurso ambiental en un lugar dado mediante la creación o protección de un similar tipo de recurso ambiental en otro lugar.
- **Mejorar:** significa incrementar la capacidad de un recurso existente con respecto a sus funciones ambientales. Mejorar, requiere consideraciones de una amplia gama de acciones técnicas para el diseño y la gestión.
- **Aumentar:** se refiere al incremento del área o tamaño de un recurso ambiental existente, se centra en el atributo geográfico (área) o morfológico (profundidad) del recurso en cuestión.
- **Desarrollar:** se refiere a la creación sustentable de recursos ambientales específicos en un área donde no existen en un momento dado.
- **Diversificar:** implica incrementar la mezcla o diversidad de hábitats, especies, u otros recursos ambientales en un área determinada.

### 2.2.2 LA EIA Y LA TECNOLOGIA

Básicamente, la tecnología surgió como método de investigación sobre las consecuencias sociales y como forma de apoyo a la toma de decisiones.

Chércoles [2000:16] nos dice que la visión de la tecnología no es neutral ni autónoma respecto de la sociedad en la que se genera y en la que impacta.

No es neutral puesto que sí admite juicios de valor, que nos permiten hablar de tecnologías más o menos adecuadas para un contexto social, ni autónoma porque no se desarrolla al margen de la sociedad siguiendo su propia lógica interna. Al contrario, la tecnología es moldeable por la sociedad y su ejercicio supone una elección entre distintas posibilidades técnicas que tendrán, a su vez, distintos efectos al ser puestas en práctica.

Entonces, el uso de la tecnológica dentro de la EIA nos sirve como una herramienta analítica para comprender los impactos positivos y negativos. Lo que es más importante es que esta unión puede fortalecer las capacidades de toma de decisiones con respecto a las tecnologías ambientalmente aceptables.

Los beneficios que trae consigo esta unión son los siguientes:

- ✓ Una herramienta permitirá evaluar de manera rápida y eficaz la relación medioambiental y socioeconómica, mejorando la capacidad de identificar y evaluar impactos significativos en áreas ambientalmente sensibles.
- ✓ Disminuirán los plazos de ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental, permitiendo organizar, sistematizar y acumular en Bases de Datos la información sobre normativa ambiental, condiciones de sensibilidad del medio ambiente receptor y principales aspectos ambientales por sector de actividad.
- ✓ Al disminuir los plazos de ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental, se evitara que se extiendan los gastos para su culminación, lo que hace

posible que se utilice el dinero ahorrado en otras obras necesarias por la Organización.

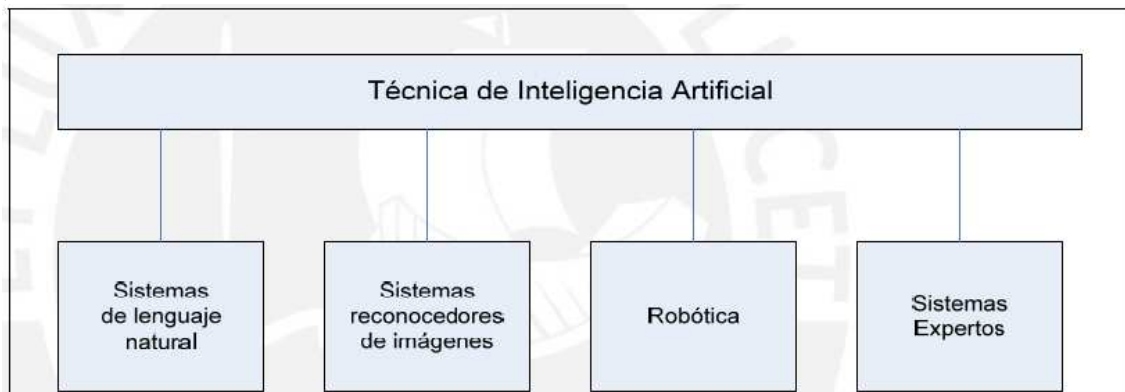
Es importante aclarar que el objetivo no es solamente el de evitar las consecuencias negativas, sino la exploración de nuevas ventajas y oportunidades tecnológicas.

### 2.2.3 SISTEMAS EXPERTOS

Gutiérrez, et al, [2001:2] nos dice que no hace mucho tiempo, se creía que algunos problemas como la demostración de teoremas, el reconocimiento de la voz y el de patrones, ciertos juegos (como el ajedrez o las damas), debían ser resueltos por personas, dado que su formulación y resolución requieren ciertas habilidades que sólo se encuentran en los seres humanos (por ejemplo, la habilidad de pensar, observar, memorizar, aprender, ver, oler, etc.). Sin embargo, el trabajo realizado en las tres últimas décadas por investigadores procedentes de varios campos, muestra que muchos de estos problemas pueden ser formulados y resueltos por máquinas.

La inteligencia artificial define la representación del conocimiento en programas de ordenador, es el estudio de cómo hacer que los ordenadores hagan cosas que en estos momentos hace mejor el hombre. La inteligencia artificial Posee los siguientes campos: Sistemas de lenguaje natural, sistemas reconocedores de imágenes, robótica y sistemas expertos; es decir, los sistemas expertos pertenecen a la inteligencia artificial [Bauer, et al, 1988:20].

**Fig. 4: Campos de la Inteligencia Artificial**



**Fuente: Bauer, Klaus [1988)**

Desde la década de 1950 se empezó a investigar sobre la tecnología representada por los sistemas expertos actuales. Pero estos aparecen específicamente a mediados de los años setenta como una forma de automatizar ciertos tipos de problemas complejos que manipulan una gran cantidad de conocimientos, como por ejemplo: diagnóstico, planeación, predicción, diseño, interpretación, control, monitoreo de estado e instrucción.

La mayoría de los primeros sistemas expertos se desarrollaron entre 1965 y 1975 y fueron de alcance limitado.

Entre los primeros sistemas expertos tenemos: [Rolston, 1993:13]:

**Cuadro 2: Primeros Sistemas Expertos**

Sistema	Año	Autor	Finalidad
Dendral	1965	Stanford	Deduce información sobre estructuras químicas.
Macsyma	1965	MIT	Realiza análisis matemáticos complejos.
Hearsay	1965	Carnegie	Interpreta el lenguaje natural.
Mycin	1972	Stanford	Diagnóstico de enfermedades de la sangre.

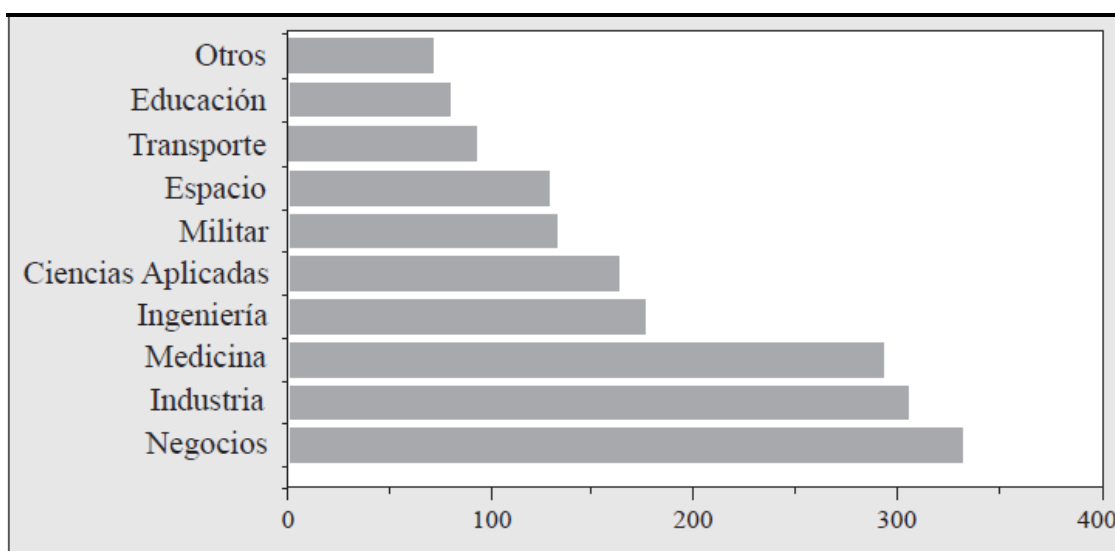
**Fuente: Rolston [1993]**

Los sistemas expertos encuentran aplicación donde los expertos disponen de conocimientos complejos y no resulta posible o rentable una solución convencional del procesamiento de datos, las técnicas de búsqueda exhaustivas resultan demasiado caras y las técnicas de búsqueda heurísticas obtienen resultados imprecisos.

En la actualidad los sistemas expertos se utilizan en diferentes niveles de aplicación y son sistemas auxiliares que pueden ofrecer una ayuda en los puestos trabajos existentes ya que pueden procesar grandes cantidades de datos de manera eficiente y llegar a conclusiones complejas con mayor claridad.

Castillo, et al, [1991] nos dice que se pueden encontrar muchas definiciones de sistemas expertos debido al rápido desarrollo de la tecnología. Stevens [1984:40] afirma que los sistemas expertos son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una cierta especialidad o campo. Un sistema experto de verdad, no solo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también manipula esos datos de manera que el resultado sea inteligible y tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente especificadas.

**Fig. 5: Campos de Aplicación de los Sistemas Expertos**



**Fuente: Gutiérrez, et al, [2001]**

Tal como puede verse en la Figura 5, la economía, la industria y la medicina continúan siendo los campos dominantes entre aquellos en los que se utilizan los sistemas expertos. Son algunos ejemplos que motivan la aplicación de los sistemas expertos en algunos de estos campos.

En la actualidad los sistemas expertos presentan enormes ventajas en sistemas de ayuda a los usuarios en determinados campos donde no son expertos. [Baltasar, 2001]

Gutiérrez, et al, [2001:7] dice que el desarrollo o la adquisición de un sistema experto es generalmente caro, pero el mantenimiento y el coste marginal de su uso repetido es relativamente bajo. Hay varias razones para utilizar sistemas expertos. Las más importantes son:

- Con la ayuda de un sistema experto, gente con poca experiencia puede resolver problemas que requieren un conocimiento de experto. Esto también es importante en casos en los que hay pocos expertos humanos. Además, el número de personas con acceso al conocimiento aumenta con el uso de sistemas expertos.
- El conocimiento de varios expertos humanos puede combinarse, lo que da lugar a sistemas expertos más fiables, ya que se obtiene un sistema experto que combina la sabiduría colectiva de varios expertos humanos en lugar de la de uno solo.
- Los sistemas expertos pueden responder a preguntas y resolver problemas mucho más rápidamente que un experto humano. Por ello, los sistemas son muy valiosos en casos en los que el tiempo de respuesta es crítico.
- En algunos casos, la complejidad del problema impide al experto humano resolverlo. En otros casos la solución de los expertos humanos no es fiable. Debido a la capacidad de los ordenadores de procesar un elevadísimo número de operaciones complejas de forma rápida y aproximada, los sistemas expertos suministran respuestas rápidas y fiables en situaciones en las que los expertos humanos no pueden.
- Los sistemas expertos pueden ser utilizados para realizar operaciones monótonas, aburridas e incómodas para los humanos. En verdad, los sistemas expertos pueden ser la única solución viable en una situación en la que la tarea a realizar desborda al ser humano (por ejemplo, un avión o una cápsula espacial dirigida por un sistema experto).
- Se pueden obtener enormes ahorros mediante el uso de sistemas expertos. El uso de los sistemas expertos se recomienda especialmente en las situaciones siguientes:
  - Cuando el conocimiento es difícil de adquirir o se basa en reglas que sólo pueden ser aprendidas de la experiencia.
  - Cuando la mejora continua del conocimiento es esencial y/o cuando el problema está sujeto a reglas o códigos cambiantes.

- Cuando los expertos humanos son caros o difíciles de encontrar.
- Cuando el conocimiento de los usuarios sobre el tema es limitado.

Según Giarratano [1998] y Hindin, et al, [1989] para que un sistema experto sea útil debe de poseer ciertas características. Estas características son listadas a continuación:

- Separación entre el conocimiento y la aplicación.
- Arquitectura diferente a la de un sistema de información convencional.
- Fácil actualización de conocimientos. Se debe de tener un mecanismo eficiente para agregar y modificar conocimiento.
- Alto funcionamiento. La calidad del consejo proporcionado por el sistema debe ser muy buena, el sistema experto debe ser capaz de responder a un nivel igual o mejor que el experto humano.
- Capacidad de explicar que está haciendo y porqué lo está haciendo.
- Tiempo adecuado de respuesta. El sistema experto debe responder al usuario en un tiempo igual o menor al que respondería el experto humano.

Según Soto [2002:23] muestra la diferencias entre el experto humano y el experto artificial lo que a simple vista nos da una idea de por qué se debe utilizar un experto artificial.

**Cuadro. 3: Diferencias entre experto humano y artificial**

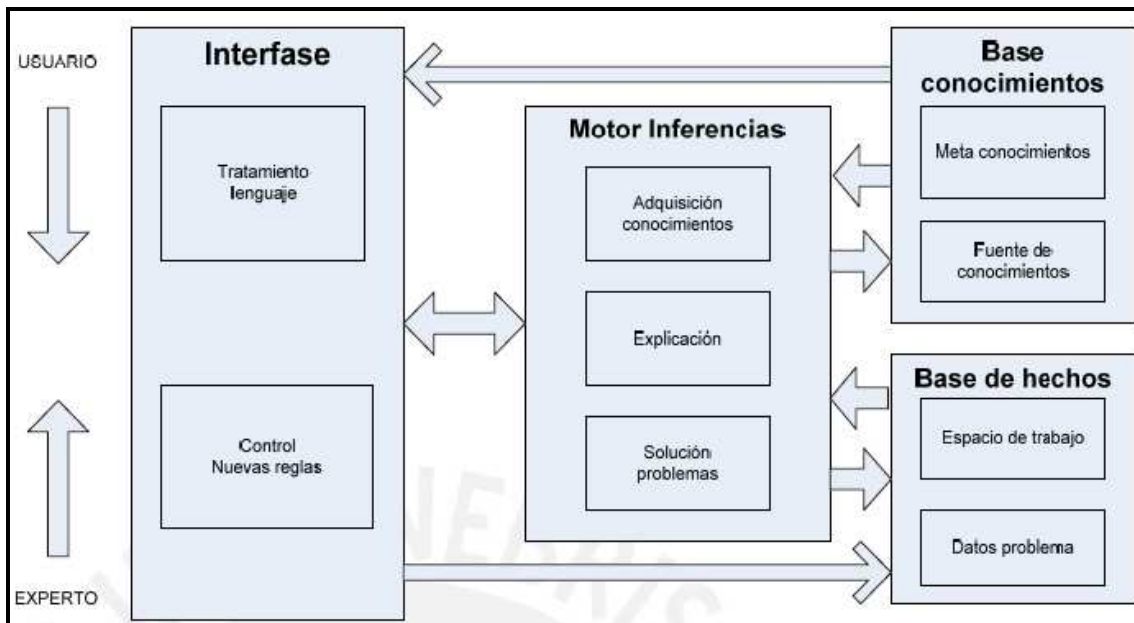
EXPERTO HUMANO	EXPERTO ARTIFICIAL
NO PERDURABLE	PERMANENTE
DIFICIL DE TRANSFERIR	FACIL
DIFICIL DE DOCUMENTAR	FACIL
IMPREDECIBLE	CONSISTENTE
CARO	ALCANZABLE
CREATIVO	NO INSPIRADO
ADAPTATIVO	NECESITA SER ENSEÑADO
EXPERIENCIA PERSONAL	ENTRADA SIMBÓLICA
ENFOQUE AMPLIO	ENFOQUE CERRADO
CONOCIMIENTO DEL SENTIDO COMUN	CONOCIMIENTO TECNICO

**Fuente: Soto [2002]**

### **2.2.3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO**

La arquitectura de un sistema experto está conformada por las siguientes partes: Base de conocimientos, base de hechos, motor inferencias e interfase. La siguiente figura presenta la arquitectura e interrelaciones de estos elementos [Tapia, 2009:16]:

**Fig. 6: Arquitectura de un SE (Sistema Experto)**



**Fuente: Santana [1988]**

- **Base de Conocimiento:**

Según Jiménez [2003:564], recomienda que es de vital importancia que el Sistema Experto tenga acceso a un conocimiento tan amplio como sea posible. El componente del Sistema Experto que contiene el "conocimiento" del sistema se denomina "Base del Conocimiento", de ahí que también se les denomine a los Sistemas Expertos, "Sistemas Basados en el Conocimiento".

La base del conocimiento, es una base de datos que almacena todo el conocimiento del sistema experto en forma de reglas. Este conocimiento comprende los datos que describen el problema, las reglas utilizadas, la forma de combinar estas reglas, los nuevos datos deducidos y las propuestas de solución.

En la creación de una base de conocimientos se debe de tener en cuenta qué objetos serán definidos, cómo son las relaciones entre estos objetos, cómo se formularán y procesarán las reglas.

- **Una base de hechos:** Contiene los datos del problema así como los elementos y hechos relativos a la solución de un problema en particular. A su vez almacena la información dada por el usuario en respuesta a las preguntas del sistema.
- **El Motor de Inferencia:** Jiménez [2003:566] nos dice que, el tener una "Base de Conocimiento" no hace inteligente a un Sistema Experto. Necesita tener además otro componente que dirija y controle el conocimiento. Esto es así del mismo modo que un experto no es aquel que únicamente tiene acceso a una gran cantidad de conocimiento, sino el que sabe cuándo y cómo debe aplicar el conocimiento apropiado. A este elemento se le llama

"Motor de Inferencia", pero también "Estructura de Control" o "Intérprete de reglas".

El "Motor de Inferencia" controla cómo y cuándo se debe aplicar la información de la "Base de Conocimiento". Dicho de otro modo, el "Motor de Inferencia" decide qué técnicas de búsqueda se usarán para determinar cómo aplicar a un problema las reglas que se encuentran en la "Base de Conocimiento".

EL motor de inferencia está compuesto de tres elementos: [Bauer, et al, 1988; Rolston, 1993].

- **Solucionador de Problemas:** Contiene mecanismos de valoración de conocimientos, como mecanismos de inferencia, los cuales permiten deducir nuevos hechos o establecer nuevas hipótesis. Debe disponer de técnicas de búsqueda para recorrer la base de conocimientos y de técnicas de selección.
- **Módulo generador de explicaciones:** Es un subsistema que tiene la capacidad de explicar el razonamiento que conduce a cierta conclusión, para lo cual requiere de una interfaz con el usuario. El sistema debe acceder al registro de conocimientos que se emplearon durante el procesamiento de información y traducirlo en forma aceptable para el usuario.
- **Módulo generador de conocimiento:** Contiene las funciones necesarias para mejorar el conocimiento del sistema experto. Debe ser capaz de actualizar la base de conocimientos ya sea comunicando nuevos conocimientos o modificando los existentes, verificando las entradas para identificar errores o inconsistencias.
- **Interfaz de Usuario:** Establece la forma en que el sistema experto se presentará al usuario, se debe establecer un diálogo en términos del problema y con construcciones del lenguaje humano correctas. Debe cumplir con los siguientes requisitos: el aprendizaje del manejo debe ser rápido, debe evitar la entrada de datos erróneos, las preguntas y resultados deben de presentarse en forma comprensible para el usuario.

Un sistema experto posee tres tipos diferentes de interfaz de usuario:

- a. **Interfaz de componente de adquisición:** Usada por el ingeniero del conocimiento y por el usuario experto.
- b. **Interfaz del componente explicativo:** Usada por el ingeniero del conocimiento, el usuario experto y el usuario del sistema.
- c. **Interfaz de consulta:** Encargada de plantear preguntas, recibir respuestas y emitir resultados.

- ✓ **Usuario:** Los sistemas expertos poseen dos tipos de usuarios [Rolston, 1993].

- **Usuario Experto:** Se encarga de añadir nuevos conocimientos a la base de conocimientos o de modificar el conocimiento existente en el sistema.
- **Usuario del Sistema:** Ejecuta el sistema experto y comprueba la validez del desempeño del sistema.

### 2.2.3.2 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos pueden clasificarse en dos tipos principales según la naturaleza de problemas para los que están diseñados [Gutiérrez, et al, 2001:8]:

- **Sistema Experto basado en probabilidades:** la construcción de la base de conocimiento es en base a frecuencias lo cual requiere de mucha información, la explicación de las conclusiones resulta más compleja. El motor de inferencia se realiza con algoritmos simples, el aprendizaje paramétrico es sencillo.
- **Sistemas Expertos basados en reglas:** la construcción de la base de conocimiento es en base a reglas, lo cual, en algunos casos se elabora sencillamente, la explicación de las conclusiones es simple. Nos extenderemos más en este tipo de sistema experto, debido a que es el que se desarrollará en esta tesis.

Los sistemas basados en reglas (SBR) son uno de los modelos de representación del conocimiento más ampliamente utilizados. Esto es debido a que resultan muy apropiados en situaciones en las que el conocimiento que se desea representar surge de forma natural con estructura de reglas.

Según Gutiérrez, et al, [2001:23] dice que en los sistemas basados en reglas intervienen dos elementos importantes: la base de conocimiento y los datos.

Los datos están formados por la evidencia o los hechos conocidos en una situación particular. Este elemento es dinámico, es decir, puede cambiar de una aplicación a otra. Por esta razón, no es de naturaleza permanente y se almacena en la memoria de trabajo. En situaciones deterministas, las relaciones entre un conjunto de objetos pueden ser representadas mediante un conjunto de reglas.

El conocimiento se almacena en la **base de conocimiento** y consiste en un conjunto de objetos y un conjunto de reglas que gobiernan las relaciones entre esos objetos. La información almacenada en la base de conocimiento es de naturaleza permanente y estática, es decir, no cambia de una aplicación a otra, a menos que se incorporen al sistema experto elementos de aprendizaje.

Una regla es una afirmación lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa y la conclusión. Cada una de estas partes consiste en

una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos.

Supóngase que se tiene un conjunto de objetos y, por simplicidad, que cada objeto puede tener uno y sólo uno de un conjunto de posibles valores. A continuación se muestra un ejemplo para tener una idea de lo que es una regla.

**Cuadro 4: Ejemplo de objetos con sus posibles valores.**

<b>Objeto</b>	<b>Conjunto de valores posibles</b>
Nota	{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}
Calificación	{sobresaliente, notable, aprobado, suspenso}
Puesto	{0,1,2,...,100}
Admitir	{sí, pendiente, no}
Notificar	{sí, no}

**Fuente: Gutiérrez, et al, [2001]**

**Regla 1:** Si nota > 9, entonces calificación = sobresaliente.

**Regla 2:** Si puesto < 20 o nota > 7, entonces Admitir = sí y Notificar = sí.

Cada una de las reglas anteriores relaciona dos o más objetos y está formada por las partes siguientes:

- La **premisa de la regla**, es la expresión lógica que se encuentra entre las palabras clave si y entonces. La premisa puede contener una o más afirmaciones objeto-valor conectadas con operadores lógicos y, o, o no. Por ejemplo, la premisa de la Regla 1 consta de una única afirmación objeto-valor, mientras que las premisas de la Regla 2 constan de dos afirmaciones objeto-valor conectadas por un operador lógico.
- La **conclusión de la regla**, que es la expresión lógica tras la palabra clave entonces.

A su vez, las reglas representan el conocimiento utilizando el formato **SI-ENTONCES (IF-THEN)**

- La parte SI (IF), es el antecedente, premisa, condición o situación.
- La parte ENTONCES (THEN), es el consecuente, conclusión, acción o respuesta.

Tal como se ha mencionado en la anteriormente, hay dos tipos de elementos:

Los datos (hechos o evidencia) y el conocimiento (el conjunto de reglas almacenado en la base de conocimiento). El **motor de inferencia** usa ambos para obtener nuevas conclusiones o hechos. Por ejemplo, si la

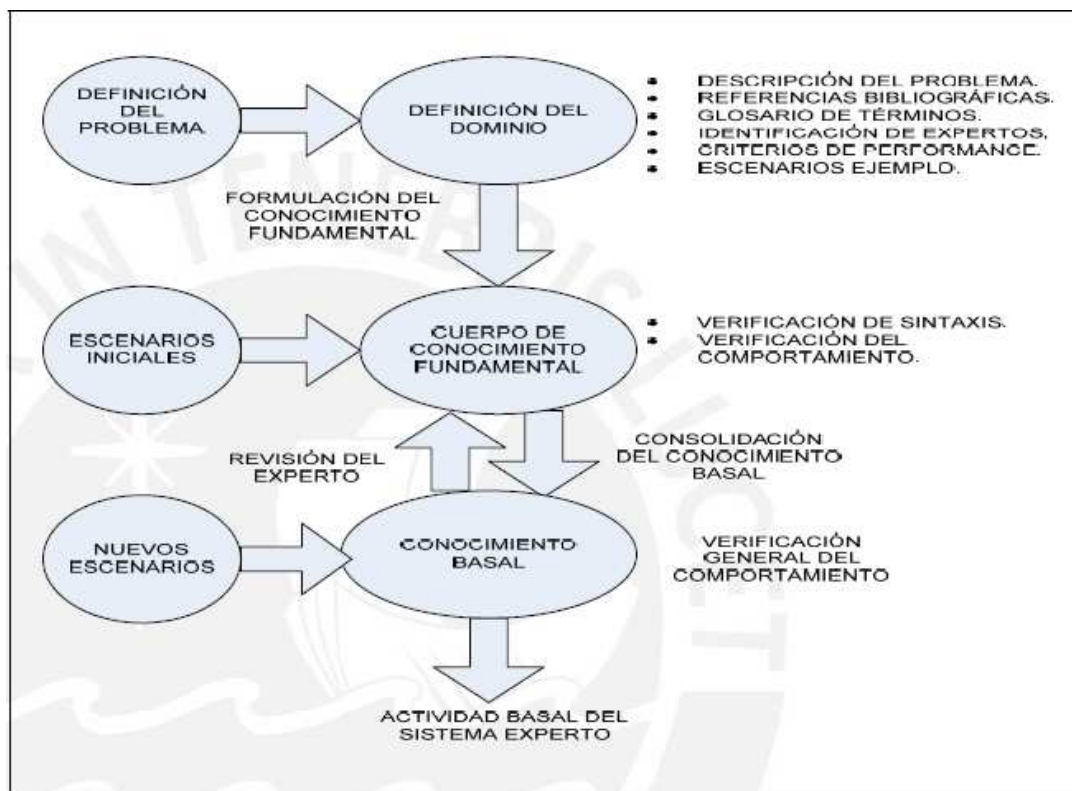
premisa de una regla es cierta, entonces la conclusión de la regla debe ser también cierta. Los datos iniciales se incrementan incorporando las nuevas conclusiones.

Las conclusiones pueden clasificarse en dos tipos: simples y compuestas. Las conclusiones simples son las que resultan de una regla simple. Las conclusiones compuestas son las que resultan de más de una regla.

## 2.2.4 METODOLOGÍAS : GROVER E IDEAL

Según Tapia [2009:22] nos dice que *la metodológica Grover* propone tres fases para el desarrollo del proceso de adquisición del conocimiento, cada una acompañada de una documentación detallada que reemplazan parcialmente al experto y sirven como medio de documentación y referencia para usuarios y diseñadores.

**Fig. 7 Fases de la Metodología Grover**



**Fuente: Martines, et al, [2001]**

### 1. Definición del dominio

Esta etapa consiste en realizar una cuidadosa interpretación del problema. El objetivo es la producción de un Manual de Definición de Dominios, cuyo contenido se describe a continuación:

- Descripción general del problema.
- Bibliografía de los documentos referenciados.
- Identificación de expertos.

- Definición de métricas de performance apropiadas para evaluar el rendimiento del Sistema Experto.
- Descripción de escenarios para ejemplos posibles.

## **2. Formulación del conocimiento fundamental**

Esta etapa consiste en examinar los escenarios seleccionados por el experto a partir de criterios de evaluación y reclasificarlos según:

- El más importante.
- El más esperado.
- El más arquetípico.
- El mejor entendido.

Para obtener el conocimiento fundamental se usa la técnica de simulación del proceso y reclasificación que consiste en que el experto simule la solución de un problema construyendo verbalmente las reglas de razonamiento que utiliza. Luego se procede a analizar estas reglas y reclasificarlas en diferentes niveles. Esta base del conocimiento fundamental debe incluir:

- Definición de fuentes de entrada y formatos.
- Descripción del estado inicial que incluye el conocimiento base.
- Conjunto básico de razones y reglas de análisis.
- Lista de estrategias humanas.
- Cota de rendimiento mínimo.
- Definición de métricas aplicables.
- Técnicas de corrección.
- Delimitación de las capacidades del sistema experto que pueden ser expandidas.

Este cuerpo de conocimientos debe estar escrito y se puede probar implementándolo en una base de conocimientos que contraste con el escenario desde el cual fue adquirido y verificando que se obtenga un comportamiento similar al que tendría el experto en el mismo escenario.

## **3. Consolidación del conocimiento Basal.**

El conocimiento basal es el conjunto de definiciones necesarias para producir la actividad basal. La actividad basal se define como el menor nivel de actividad esencial para el mantenimiento de las funciones vitales del sistema, es decir, se debe tener desarrollados todos los componentes del sistema experto pero no en la profundidad en la que estarán desarrollados en la versión final del sistema. Para conocer este nivel de desarrollo se debe contar con estándares mínimos de performance en la definición del dominio.

**La metodología IDEAL** fue desarrollada en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. Consiste en conseguir desde etapas muy iniciales del desarrollo, prototipos que indiquen cómo debe funcionar el sistema experto final.

El objetivo de esta metodología es conseguir un proceso de mejora gradual en base al conocimiento del experto y consta de las siguientes fases. [Tapia, 2009:24]:

### **FASE I: Identificación del la tarea.**

En esta fase se definen los objetivos del proyecto del sistema experto, las características del problema y los requisitos para la solución del problema. Se subdivide en las siguientes etapas:

➤ **Etapas I.1: Plan de requisitos y adquisición de conocimientos.**

La primera tarea del ingeniero del conocimiento es identificar las necesidades del cliente escribiendo los requisitos del sistema a desarrollar. El plan de requisitos debe contener:

1. Objetivos específicos y generales del sistema.
2. Funcionamiento y rendimiento requeridos.
3. Limitaciones de costo/tiempo.
4. Tecnología disponible.
5. Competencia.
6. Ampliaciones futuras.

➤ **Etapas I.2: Evaluación y selección de la tarea.**

En esta etapa se estudia la viabilidad de cada una de las tareas y el grado de dificultad que presentan.

➤ **Etapas I.3: Definiciones de las características del sistema.**

En esta etapa se definen las características que tendrá el

1. Especificación técnica del sistema emitida por el ingeniero del conocimiento en base al plan de requisitos.
2. Criterios de éxito, que consiste en identificar las necesidades reales de los usuarios finales.
3. Casos de prueba para validar la calidad del sistema experto.
4. Recursos materiales y humanos necesarios para desarrollar el sistema experto.
5. Plan de desarrollo del proyecto.

Al terminar esta primera fase se conoce el ámbito del problema y se definen las funcionalidades del sistema experto, logrando que el ingeniero de conocimiento y los usuarios clientes tengan la misma percepción de los objetivos del sistema.

### **FASE II: Desarrollo de los prototipos.**

Los sistemas basados en el conocimiento se construyen de forma incremental, desarrollando distintos prototipos que permitan comprender mejor los requisitos de los usuarios y las especificaciones del sistema.

Primero se desarrolla un prototipo de investigación que se convierte en un prototipo de campo y finalmente se desarrolla un prototipo de operación.

Para poder desarrollar estos prototipos se deben de llevar a cabo las siguientes etapas:

- **Etapa II.1: Concepción de la solución.**  
Consiste en producir un diseño general del sistema en base a las especificaciones obtenidas en la primera fase. Esta etapa está conformada de un desarrollo del diagrama de flujo de datos y la especificación del diseño arquitectónico del sistema.
- **Etapa II.2: Adquisición y conceptualización de conocimientos.**  
La adquisición de conocimientos se alterna con la conceptualización de los mismos para poder modelar el conocimiento del experto.
- **Etapa II.3: Formalización de conocimientos.**  
Esta etapa está conformada de la definición de estructuras que permitan representar el conocimiento del experto y de la realización del diseño detallado del sistema experto. Se debe establecer los módulos que definen el motor de inferencias, la base de conocimiento y las distintas interfaces y desarrollar la arquitectura especificada en la etapa II.1.
- **Etapa II.4: Implementación.**  
Si se ha elegido una herramienta de desarrollo adecuada la implementación es inmediata.
- **Etapa II.5: Validación y Evaluación.**  
Consiste en realizar las siguientes acciones:
  1. Casos de prueba. Permiten comparar las respuestas arrojadas por el sistema experto con la respuesta que brindaría el experto ante la solución del mismo problema.
  2. Ensayo en paralelo. Consiste en que el experto utilice el sistema para encontrar discrepancias en los resultados, se examina la interfaz de usuario y la calidad de las explicaciones que brinda el motor de inferencia.
- **Etapa II.6: Evaluación de nuevos requisitos, especificaciones y diseño.**  
Consiste en la definición de los requisitos, especificaciones y diseño del siguiente prototipo. Esta fase termina con la construcción del sistema experto completo.

### **FASE III: Ejecución de la construcción del sistema integrado.**

Esta fase está conformada de las siguientes etapas:

- **Etapa III.1: Requisitos y diseño de la integración.**  
Comprende el estudio y diseño de interfaces con otros sistemas.
- **Etapa III.2: Implementación y evaluación del sistema integrado.**  
Se implementa la integración del sistema experto con otros sistemas existentes para conseguir un sistema final.
- **Etapa III.3: Aceptación del sistema por el cliente.**  
El usuario prueba el sistema, el cual deberá de satisfacer con sus requerimientos de fiabilidad y eficiencia.

#### **FASE IV: Actuación para conseguir el mantenimiento perfecto.**

Comprende las siguientes etapas:

- **Etapa IV.1: Definir el mantenimiento del sistema global.**  
Consiste en realizar un mantenimiento correctivo y un mantenimiento perfecto del sistema.
- **Etapa IV.2: Definir el mantenimiento de las bases de conocimientos.**  
Considera la adquisición de nuevos conocimientos por parte de la base de conocimientos que se generan por el propio uso del sistema, definiendo los métodos necesarios para llevar a cabo este proceso.
- **Etapa IV.3: Adquisición de nuevos conocimientos.**  
Incorporación de nuevos conocimientos que se generan por el propio uso del sistema experto.

#### **FASE V: Lograr una adecuada transferencia tecnológica.**

Comprende las siguientes etapas:

- **Etapa V.1: Organizar La transferencia tecnológica.**  
El desarrollador del sistema experto se debe reunir con los usuarios para brindar una explicación del manejo del sistema experto y de la documentación laborada.
- **Etapa V.2: Completar la documentación del sistema experto construido.**  
Realizar un manual de usuario.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Después de realizado un análisis de la situación problemática en la identificación, evaluación y medidas de mitigación de impactos ambientales, se diseñó y aplicó una solución. Pues, mediante la aplicación de este sistema experto se podrá sistematizar toda la información necesaria para los estudios de impacto ambiental, permitiendo obtener de manera rápida y precisa las medidas de mitigación para los impactos generados.

Se dice que la presente tesis es una investigación aplicada porque busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar. Es la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad. Posteriormente, crear un software que se pueda probar, estimar y evaluar su eficacia.

El tipo de estudio es cuasi-experimental, el término cuasi significa casi por lo que un diseño cuasi-experimental casi alcanza el nivel de experimental, en el cual los sujetos o grupos de sujetos de estudio ya están integrados por lo que las unidades de análisis no están asignadas aleatoriamente. La estructura de los diseños cuasi-experimentales implica usar un diseño solo con posprueba o uno con preprueba-posprueba.

#### 3.2 DISEÑO Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la presente tesis, el diseño de contrastación de la hipótesis que corresponde es de sucesión o en línea, donde usa un solo grupo que sirve como grupo experimental, y las conclusiones se establecen por comparación entre la situación antes de la aplicación de la **variable independiente** (Sistema Experto) y la situación después de la aplicación de esta variable. Para poner a prueba dicha hipótesis se conforma un grupo, en el cual se le aplica un pre-test, en el cual se va a realizar un análisis antes de usar las nuevas tecnologías y un post test para observar cambios en la mejora de los procesos de identificación, evaluación y medidas de mitigación de impactos ambientales.

Para la conformación de este grupo experimental se ha elegido al gerente de desarrollo olmos, secretaria ejecutiva/asistente, ingeniero especialista en gestión ambiental. A continuación en el siguiente cuadro se detalla a la población entrevistada para la investigación.

#### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población en este caso está comprendida por el Gerente de Desarrollo Olmos, Secretaria ejecutiva/asistente, Ingeniero Especialista en Gestión Ambiental y Asistente Ambientalista, a los cuales se les ha entrevistado.

El levantamiento de información también se hizo a través de la revisión de Estudios Medioambientales o Proyectos de inversión ejecutados anteriormente, la población estuvo representada por todos aquellos documentos que se utilizan

en los procesos de identificación, evaluación y medidas de mitigación de impactos ambientales.

**Cuadro 5: Población objeto de estudio**

<b>Cargo</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>
Gerente de Desarrollo Olmos	Ing <sup>o</sup> Juan Saavedra Jiménez
Secretaria ejecutiva/asistente	Carolina Landivar Linares
Especialista en Gestión Ambiental	Ing <sup>o</sup> Jorge Castañeda Barba
Asistente ambientalista	Ing <sup>o</sup> Elmer García Rico

### 3.4 VARIABLE E INDICADORES

**Cuadro 6: Variables e indicadores**

Variable dependiente	Dimensión	Definición	Indicador	Unidad de medida
Evaluación de impacto ambiental	Proceso de identificación de impactos	Es la selección y asignación de actividades que intervienen en la inicialización de todo proyecto ambiental. Se expresa también el impacto generado de la actividad sobre el factor.	Cantidad de información almacenada	#semanas
	Proceso de evaluación de impactos	Puntuación asigna al impacto generado para mostrar su grado de incidencia	Productividad del operario	#semanas
	Proceso de obtención de medidas de mitigación.	Listado de medidas de mitigación para reconstruir el factor afectado por medio de la intervención humana.		

### **3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

La presente tesis se dividió en dos etapas de trabajo:

#### **Etapa I: Adquisición del Conocimiento**

En esta etapa se utilizaron las dos primeras fases de la Metodología Grover. La primera fase: Definición del Dominio, donde se realiza una interpretación del problema objeto de estudio y la segunda fase: Formulación del conocimiento fundamental, que permitirá definir claramente las reglas a usar en el sistema experto y las estructuras que permitirán su representación. A su vez se usará la primera fase de la Metodología IDEAL: Identificación de la tarea, para la obtención adecuada de requisitos. Anexo 01.

#### **Etapa II: Construcción del Sistema Experto**

En esta segunda etapa, para la construcción del sistema se continúa desarrollando las fases de la Metodología IDEAL. Finalmente se tomó la opinión de los usuarios que interactuaron con el sistema a través de una encuesta para determinar si este cumplía con sus necesidades en poco tiempo.



5. ¿Cuáles considera Ud. son actividades que intervienen generalmente en un proyecto ambiental?

**Cuadro 8: Acciones o Actividades de Proyectos Ambientales.**

ACCIONES DEL PROYECTO
Construcción de caminos y vías de acceso
Limpieza y nivelación del área
Remoción de viviendas y áreas de cultivo
Instalación de campamentos
Instalación de talleres de carpintería y acero
Explotación de canteras
Utilización de botaderos
Construcción de la presa
Utilización de maquinarias y vehículos
Generación de ruidos y vibración
Generación de desechos sólidos y líquidos
Conflictos por el uso de agua

6. ¿Qué factores ambientales tiene Ud. en cuenta para realizar las evaluaciones de impacto?

**Cuadro 9: Factores – Sistema A**

FACTORES AMBIENTALES		
A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	TIERRA	a. Recursos minerales
		b. Material de construcción
		c. Suelos
		d. Geomorfología
	AGUA	a. Superficiales
		b. Subterráneas
		c. Calidad
		d. Recarga
	ATMÓSFERA	a. Calidad (gases, partículas)
		b. Clima
		c. Temperatura
	PROCESOS	a. Inundaciones
		b. Erosión
		c. Deposición (sedimentación)
		d. Compactación
		e. Estabilidad
f. Sismología (terremotos)		

**Cuadro 10: Factores – Sistema B**

B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	FLORA	a. Árboles
		b. Arbustos, Hierbas
		c. Pastos
		d. Cosechas
		e. Especies en peligro
		f. Barreras obstáculos
	FAUNA	a. Aves
		b. Animales terrestres
		c. Peces y batracios
		d. Organismos bentónicos
		e. Especies en peligro
		f. Barreras
g. Corredores		

**Cuadro 11: Factores – Sistema C**

C. FACTORES CULTURALES	USO DE LA TIERRA	a. Espacios silvestres y libres
		b. Zonas hidromórficas
		c. Silvicultura
		d. Pasturas
		e. Agricultura
		f. Residencial
		g. Comercial
		h. Industrial
		i. Minería y explotac. de canteras
	RECREACIÓN	a. Caza
		b. Pesca
		c. Navegación
		d. Natación
		e. Camping
		f. Excursión
		g. Zona de recreo
	ESTÉTICOS E INTERESES HUMANOS	a. Vista panorámica
		b. Cualidad de desolación
		c. Cualidades de espacios abiertos
		d. Paisajes
		f. Parques y reservas
		g. Monumentos
		h. Especies o ecosistemas únicos
		i. Lugares históricos-arqueológicos
		j. Armonía y clima social
		NIVEL CULTURAL
	b. Empleo	
	c. Salud y seguridad	
	d. Nivel de vida	
	e. Densidad de población	
SERVICIO E INFRAESTRUCTURA	a. Estructuras	
	b. Red de vial	
	c. Red de servicios	
	d. Eliminación residuos sólidos	
	e. Barreras	
	f. Corredores	

**Cuadro 12: Factores – Sistema D**

D. RELACIONES ECOLÓGICAS	a. Salinización de recursos de agua
	b. Eutrofización
	c. Vectores de enferm. - insectos
	d. Cadena alimenticia
	e. Salinización de mat. superficial
	f. Invasión de maleza

7. ¿Qué problemas generalmente son provocados en un proyecto? Y ¿qué tiempo demora en identificarlos?

**Cuadro 13: Efectos o Problemas Encontrados**

DESBRUCE Y REMOCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL.
INCREMENTO DEL FLUJO VEHICULAR.
POSIBLE INCREMENTO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y ATMOSFÉRICA.
INCREMENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS QUE PUEDAN DAR ORIGEN A FOCOS INFECTOCONTAGIOSOS.
ALTERACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO AGUAS DEBAJO DE LA PRESA.
INUNDACIÓN DE TERRENOS AGRÍCOLAS.
RIESGO POR FENÓMENOS NATURALES.
ESTANCAMIENTO DE LAS AGUAS EN EL EMBALSE.
APARICIÓN DE NUEVOS ACUÍFEROS AGUAS ABAJO DE LA PRESA.
PÉRDIDA DE CAPACIDAD DEL EMBALSE POR ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS.
POSIBLES CONFLICTOS POR EL USO DEL AGUA.
POSIBLE ALTERACIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR.
POSIBLE OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS.
POSIBLE CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y EL AGUA CON HIDROCARBUROS.
POSIBLE AFECTACIÓN DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA.
POSIBLE PERJUICIO A LA FLORA Y FAUNA.
FUGAS O DERRAMES ACCIDENTALES DE COMBUSTIBLE.
RIESGO DE ACCIDENTES POR USO DE EXPLOSIVOS.
DESTRUCCIÓN DE PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICOS.
DERRAMES DE CONCRETO SOBRE ÁREAS VERDES.
CAMBIO DEL MICROCLIMA
ABANDONO DE LOS BOTADEROS CULMINADO EL PROYECTO.
ALTERACIÓN DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA.

El tiempo para identificar los problemas encontrados es de 20 a 23 días.

8. ¿Qué escala de puntuación tiene Ud. en cuenta para los impactos ambientales generados?

**Cuadro 14. Escala de puntuación**

<b>Puntuación</b>	<b>Tipo de Impacto</b>
+3	Positivo alto
+2	Positivo moderado
+1	Positivo ligero
0	Componente ambiental no alterado
-1	Negativo ligero
-2	Negativo moderado
-3	Negativo alto

9. ¿Cuánto tiempo demora en obtener las medidas de mitigación?  
El tiempo para obtener las medidas de mitigación es de 40 a 48 días.

## **ETAPA I: AQUISICION DEL CONOCIMIENTO**

### **Fase 1: Definición del Dominio.**

#### **1. Descripción general del problema.**

Los Estudios de Impacto Ambiental comprenden básicamente los capítulos de Introducción, Descripción del Proyecto, Línea Base Ambiental, Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales y el Plan de Manejo Ambiental. Sin embargo, en los dos últimos capítulos antes mencionados existe una demora para su culminación, debido a la falta de sistematización de sus archivos, es decir, puede ocurrir un traspapelado lo que ocasionaría la extensión de meses y elevados gastos para la finalización de los Estudios de Impacto Ambiental.

#### **2. Bibliografía de los documentos referenciados.**

- Collazos, Jesús. *Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos*. Lima: Editorial San Marcos, 2005.
- Espinoza, Guillermo. *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago: Centro de Estudios para el Desarrollo, 2001.
- Palacios, Lilia. *Contaminación Ambiental. Origen, Clases, Fuentes y Efectos*. Xalapa: Sociedad Mexicana de Toxicología.
- Congreso de la Republica. *Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental*. Lima, 2001.

#### **3. Glosario de términos**

- Usuario del sistema
- Ingeniero del conocimiento
- Especialista ambiental
- Sistema
- Evaluación de Impacto ambiental
- Proyecto
- Obras
- Actividades
- Medidas de mitigación
- Impacto ambiental
- Estudio de impacto ambiental

#### **4. Identificación de expertos.**

##### **➤ El Ingeniero del Conocimiento**

- Identifica las necesidades del cliente.
- Recolecta información sobre Estudios de Impacto Ambiental y el plan de manejo ambiental que contiene las medidas de mitigación.
- Describe los requisitos del sistema a desarrollar.

- Diseña una solución para el cliente.
- Construye el sistema que dará solución a las necesidades del cliente.
- Recolecta información sobre Estudios de Impacto Ambiental

➤ **Especialista Ambiental.**

- Describe todo el contenido del Estudio de Impacto Ambiental.
- Identifica y Evalúa los Impactos Ambientales.
- Realiza el Plan de Manejo Ambiental.

➤ **El Usuario del Sistema.**

- Ingresar los datos del proyecto, obras, el nombre de actividades, fechas de evaluación y los valores numéricos en una escala del -3 al +3.
- Genera las medidas de mitigación.

**5. Identificación de Métricas.**

- Punto de Función (PF).
- Métrica de Ortografía (MO).
- Eficacia de la Eliminación de Defectos (EDD).
- Facilidad de Uso (FU).
- Diseño Arquitectónico.

**6. Escenarios para ejemplos posibles.**

*Cuadro 15: Escenarios Posibles*

<b>Nombre del Proyecto</b>	<b>Nombre de la Obra</b>
Encauzamiento Rio Chancay.	Protección de la Toma de Captación La Ramada Alta.
Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético Olmos, Sistema Ambiental Tránsito Huancabamba.	Presa y Embalse limón.
	Túnel Trasandino.
	Canales y Obras de afianzamiento.
	Derivación de Afluentes.
Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético Olmos, Sistema Ambiental Derivación Olmos.	Presa y Embalse Olmos.
	Canales
	Centrales Hidroeléctricas.
Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético Olmos, Sistema Ambiental Hidráulico Tabaconas.	Central Hidroeléctrica Tabaconas.
	Bocatoma y Acueducto Manchara.

	Obras de Derivación por Túneles.
	Canales y Obras de Afianzamiento.
Reacondicionamiento de Caja.	Conexión del Canal Taymi Antiguo con el Dren D-1400"
Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético Olmos – Primera Etapa, Subsistema Presa Limón.	Presas y Embalse limón – Túnel de Aliviadero y Salida de Fondo.

## **Fase 2: Formulación del Conocimiento Fundamental.**

### **1. Definición de fuentes de entrada y formatos.**

Tenemos como fuentes de entrada lo siguiente:

- Tipo del Proyecto.
- Nombre del Proyecto.
- Ubicación del Proyecto.
- Fecha de evaluación.
- Descripción del Proyecto.
- Nombre de Obras.
- Fecha de Obras.
- Descripción de las Obras.
- Nombre de Actividades.
- Identificación de impactos encontrados.
- Evaluación de Impactos, donde durante el cruce Factor/Actividad se otorgan valores cuantitativos en una escala del -3 al +3.

El formato manejado es la matriz de Leopold, la cual contiene los factores estandarizados y las actividades que presenten los diferentes tipos de proyectos.

### **2. Estrategias Humanas**

#### **➤ Reglas del sistema**

Las reglas del sistema tienen la siguiente simbología:

F= Factor (F1, F2, ..... F18)

A= Actividad (A1, A2, ...A20)

Y= Medida de Mitigación

Según la Matriz de Leopold, F18 corresponde al factor número 18 de la matriz, A1 corresponde a la primera actividad, finalmente y127 es la medida de mitigación número 127.

**Cuadro 16: Reglas del Sistema, Base de Conocimiento**

<b>NOMBRE</b>	<b>REGLA</b>
<b>RULE 1</b>	<p>IF F18 = arbustos_hierbas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -3</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_negativo_intenso_o_alto AND  medida_de_mitigacion = y127;</p>
<b>RULE 2</b>	<p>IF F18 = arbustos_hierbas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -2</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_negativo_leve_o_moderado AND  medida_de_mitigacion = y128;</p>
<b>RULE 3</b>	<p>IF F18 = arbustos_hierbas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -1</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_negativo_no_significativo_o_bajo AND  medida_de_mitigacion = y129;</p>
<b>RULE 4</b>	<p>IF F18 = arbustos_hierbas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 0</p> <p>THEN nivel_de_impacto = nulo AND medida_de_mitigacion =  no tiene;</p>
<b>RULE 5</b>	<p>IF F18 = arbustos_hierbas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 1</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_positivo_no_significativo_o_bajo AND  medida_de_mitigacion = y130;</p>
<b>RULE 6</b>	<p>IF F18 = arbustos_hierbas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 2</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_positivo_leve_o_moderado AND  medida_de_mitigacion = y131;</p>
<b>RULE 7</b>	<p>IF F18 = arbustos_hierbas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND</p>

	<p>nivel_de_ponderacion = 3</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_positivo_intenso_o_alto AND medida_de_mitigacion = y132;</p>
<b>RULE 8</b>	<p>IF F2 = suelos AND A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND nivel_de_ponderacion = -3</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_negativo_intenso_o_alto AND medida_de_mitigacion = y7;</p>
<b>RULE 9</b>	<p>IF F2 = suelos AND A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND nivel_de_ponderacion = -2</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_negativo_leve_o_moderado AND medida_de_mitigacion = y8;</p>
<b>RULE 10</b>	<p>IF F2 = suelos AND A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND nivel_de_ponderacion = -1</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_negativo_no_significativo_o_bajo AND medida_de_mitigacion = y9;"</p>
<b>RULE 11</b>	<p>IF F2 = suelos AND A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND nivel_de_ponderacion = 0</p> <p>THEN nivel_de_impacto = nulo AND medida_de_mitigacion = no tiene;</p>
<b>RULE 12</b>	<p>IF F2 = materiales_de_construccion AND A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND nivel_de_ponderacion = 1</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_positivo_no_significativo_o_bajo AND medida_de_mitigacion = y10;</p>
<b>RULE 13</b>	<p>IF F2 = suelos AND A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND nivel_de_ponderacion = 2</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_positivo_leve_o_moderado AND medida_de_mitigacion = y11;</p>
<b>RULE 14</b>	

	<p>IF F2 = suelos AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 3</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_positivo_intenso_o_alto  AND medida_de_mitigacion = y12;</p>
<b>RULE 15</b>	<p>IF F3 = geomorfologia AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -3</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_negativo_intenso_o_alto  AND medida_de_mitigacion = y13;</p>
<b>RULE 16</b>	<p>IF F3 = geomorfologia AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -2</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_negativo_leve_o_moderado AND  medida_de_mitigacion = y14;"</p>
<b>RULE 17</b>	<p>IF F3 = geomorfologia AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -1</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_negativo_no_significativo_o_bajo AND  medida_de_mitigacion = y15;</p>
<b>RULE 18</b>	<p>IF F3 = geomorfologia AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 0</p> <p>THEN nivel_de_impacto = nulo AND medida_de_mitigacion =  no tiene;</p>
<b>RULE 19</b>	<p>IF F3 = geomorfologia AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 1</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_positivo_no_significativo_o_bajo AND  medida_de_mitigacion = y16;</p>
<b>RULE 20</b>	<p>IF F3 = geomorfologia AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 2</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_positivo_leve_o_moderado AND  medida_de_mitigacion = y17;</p>

<b>RULE 21</b>	<p>IF F3 = geomorfologia AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 3</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_positivo_intenso_o_alto  AND medida_de_mitigacion = y18;</p>
<b>RULE 22</b>	<p>IF F5 = aguas_subterraneeas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -3</p> <p>THEN nivel_de_impacto = impacto_negativo_intenso_o_alto  AND medida_de_mitigacion = y25;</p>
<b>RULE 23</b>	<p>IF F5 = aguas_subterraneeas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -2</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_negativo_leve_o_moderado AND  medida_de_mitigacion = y26;</p>
<b>RULE 24</b>	<p>IF F5 = agua_subterraneeas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = -1</p> <p>THEN nivel_de_impacto =  impacto_negativo_no_significativo_o_bajo AND  medida_de_mitigacion = y27;</p>
<b>RULE 25</b>	<p>IF F5 = agua_subterraneeas AND  A1 = construccion_de_caminos_y_vias_de_acceso AND  nivel_de_ponderacion = 0</p> <p>THEN nivel_de_impacto = nulo AND medida_de_mitigacion =  no tiene;"</p>

### 3. Delimitación de las capacidades del sistema experto que pueden ser expandidas.

El sistema experto basado en reglas cuenta con los siguientes módulos de trabajo:

1. Nuevo Proyecto.
2. Asignar Obra.
3. Asignar Actividad.
4. Evaluación de Impacto Ambiental.
5. Reportes.
6. Consultas.

El módulo cuatro puede ser extendido si se recolecta y se ingresa a la base de datos más problemas o impactos ambientales encontrados en diferentes tipos de proyectos y obras. También se deberían recolectar e ingresar mayor cantidad de medidas de mitigación orientadas a eliminar o minimizar dichos problemas. Por ende, aumentarían los reportes y las consultas en el sistema.

### **Fase 3: Identificación del la tarea.**

En esta fase se definen los objetivos del proyecto del sistema experto, las características del problema y los requisitos para la solución del problema.

#### **1. Plan de requisitos y adquisición del conocimiento.**

##### **1.1 Objetivos específicos y generales del sistema.**

- Objetivo general  
Mejorar la identificación y evaluación de impactos ambientales, logrando de manera más rápida y precisa las medidas de mitigación en Estudios de impacto ambiental.
- Objetivos específicos
  - ✓ Tener un registro histórico de proyectos, actividades, obras y medidas de mitigación.
  - ✓ Identificar las medidas de mitigación de manera precisa.

##### **1.2 Tecnología disponible.**

Para la construcción del sistema experto basado en reglas se dispone del lenguaje de programación Visual Studio 2008.NET y para administrador de base de datos se tiene SQL Server 2008.

#### **2. Evaluación y selección de la tarea.**

En esta etapa se estudia la viabilidad de cada una de las tareas y el grado de dificultad que presentan.

- **Estudio de viabilidad**

El estudio de viabilidad permite determinar si el problema planteado puede ser resuelto mediante el sistema experto que se pretende desarrollar. En esta sección se analizarán tres variables que son propuestas por la metodología IDEAL.

- 1. Dimensión de Justificación:** La finalidad de esta dimensión es evaluar la necesidad de la implementación del sistema experto propuesto.

**Característica 1:** El sistema experto resuelve una tarea útil y necesaria.

**Análisis:** El sistema experto basado en reglas servirá de apoyo al proceso de evaluación de impacto ambiental, es un proceso de suma importancia para la culminación de todo proyecto ambiental, logrando que dicho proceso sea más rápido y eficiente y logrando que el usuario del sistema cuente con la información necesaria

estructurada y sintetizada en el momento de culminado un estudio de impacto ambiental.

- 2. Dimensión de la Plausibilidad:** La finalidad de esta dimensión es evaluar que se cuentan con los requisitos básicos que se necesitan para resolver el problema planteado.

**Característica 1:** Existen verdaderos expertos en el área del problema, estos están disponibles y son cooperativos.

**Análisis:** Se dispone del apoyo del especialista ambiental: el Ingeniero Jorge Castañeda Barba, de la Gerencia de Desarrollo Olmos, el ingeniero posee experiencia en la ejecución de estudios de impacto ambiental.

**Característica 2:** El especialista es capaz de estructurar los procedimientos de trabajo.

**Análisis:** El especialista ambiental ha asesorado anteriormente otras tesis relacionadas con estudios de impacto ambiental y/o evaluación de impacto ambiental debido a sus conocimientos, lo cual permite asegurar su capacidad en estructurar los procedimientos de trabajo.

**Característica 3:** Existen casos de prueba para observar cómo el especialista resuelve el problema.

**Análisis:** Existe bastante documentación sobre el análisis del problema y el proceso de solución, además de la información proporcionada por el especialista.

- 3. Dimensión de Éxito:** La finalidad de esta dimensión es evaluar aquellas características que asegurarán que el proyecto culmine de manera exitosa.

**Característica 1:** Existe una ubicación idónea para el sistema experto.

**Análisis:** Se pretende que la herramienta sirva de apoyo para las todas las empresas que realicen proyectos de inversión públicos o privados, y que tengan que presentar un estudio de impacto ambiental con su respectiva evaluación de impacto ambiental.

**Característica 2:** Se dispone de recursos humanos, software y hardware necesario para el desarrollo del sistema.

**Análisis:** Como recursos humanos se dispone del ingeniero del conocimiento y del especialista ambiental, el software a utilizar si necesitará de licencia, a su vez se cuenta con el hardware adecuado para el desarrollo del sistema.

**Característica 3:** Los objetivos del sistema son claros.

**Análisis:** El objetivo general del sistema y los objetivos específicos están claramente definidos.

**Característica 4:** Se efectuará una correcta transferencia tecnológica.

**Análisis:** Se dará capacitación a los usuarios del sistema

**Característica 5:** Se contará con una calidad de respuesta esperada.

**Análisis:** La calidad de respuesta será óptima y está garantizada con la etapa de validación y evaluación del sistema donde se realizan los casos de prueba y ensayos en paralelo con el usuario experto, el cuál garantizará que los resultados obtenidos son los correctos.

### 3. Definición de las características del sistema

Para la creación este Sistema Experto se tomó como base la Matriz de Leopold, la cual recoge una lista de 21 actividades que presenten los diferentes tipos de proyectos y 71 componentes ambientales estandarizados, esta matriz es apropiada para uso en la etapa de construcción en la mayoría de proyectos.

En una matriz de Leopold debe considerarse cada actividad y su potencial de impacto sobre cada componente ambiental. Cuando se prevé un impacto la matriz debe aparecer marcada con un valor numérico en la correspondiente casilla de esa interacción. [Collazos 2005:213]

Durante el cruce Componente/Actividad recibirán valores cuantitativos en base a la siguiente escala:

- +3 = Positivo alto
- +2 = Positivo moderado
- +1 = Positivo ligero
- 0 = Componente ambiental no alterado
- 1 = Negativo ligero
- 2 = Negativo moderado
- 3 = Negativo alto

Finalmente, concluida la identificación y evaluación de impactos ambientales, se procese a la obtención de medidas de mitigación.

El sistema SEBREIA viene con una clave y nombre de usuario.

Una vez ingresado al sistema ya se puede comenzar con el registro de un nuevo proyecto, donde se escribirá el tipo de proyecto al que pertenece, se debe indicar el nombre del proyecto que se realizará, su ubicación, la fecha, una descripción del proyecto y alguna observación si es que la hubiera. Seguidamente, se debe registrar la obra u obras que contenga dicho proyecto, donde se colocará el nombre de obra, la fecha de iniciada la obra, una descripción y alguna observación.

Para el caso de las actividades, se deberá registrar el nombre de la actividad ubicándola en la obra y proyecto al que pertenecen. Esto se da, si en caso se vaya a trabajar con actividades que no estén almacenadas en el sistema.

Con respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, el usuario del sistema procederá a seleccionar el proyecto creado con su o sus obras registradas y

sus respectivas actividades; luego se seleccionará el sistema, subsistema y componentes que trabajarán con las actividades ya seleccionadas. Inmediatamente, se podrán seleccionar los problemas o impactos encontrados para ser evaluados utilizando una escala del -3 al +3. Finalmente se generarán las medidas de mitigación.

Dentro de las características del sistema se tiene que:

El sistema almacenará los datos de los proyectos que permitirán conocer el tipo de proyecto al que pertenecen, indicando el nombre, la ubicación, la fecha de evaluación, el responsable del proyecto y una descripción del proyecto en desarrollo.

El sistema almacenará las actividades necesarias registradas en cada proyecto.

El sistema almacenará una lista estándar de componentes ambientales que al confrontarse con las actividades del proyecto permitirán conocer que problemas se pueden ocasionar, los cuales pueden influir en la decisión de la evaluación de impacto ambiental.

El sistema almacenará el nombre de los problemas o impactos que evaluará. Sin embargo, si el usuario del sistema decide extender los problemas o impactos a evaluar el sistema permitirá incluir nuevas problemas o impactos sin inconvenientes.

El sistema permitirá con facilidad evaluar los problemas o impactos encontrados otorgándoles una puntuación en una escala del -3 al +3, logrando obtener sus respectivas medidas de mitigación que ayuden a la eliminación o minimización de los problemas o impactos encontrados.

El sistema brindará consultas y reportes de ayuda para el usuario del sistema, permitiéndole contar con la información completa y estructurada de los proyectos almacenados y su respectiva evaluación de impacto ambiental.

## ETAPA II: CONSTRUCCION DEL SISTEMA

### Fase 1: Desarrollo de los prototipos.

#### ➤ **Concepción de la solución.**

##### **Capturar datos de entrada del especialista ambiental:**

Corresponde a la etapa de adquisición de conocimientos, se actualizarán las Bases de Hechos y de Conocimientos con la información proporcionada por el especialista ambiental.

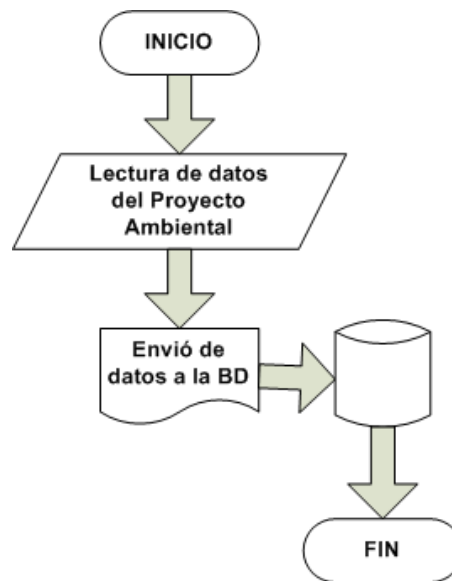
*Fig. 10. Captura de datos del Especialista Ambiental*



##### **Rendimiento de la Evaluación de Impactos Ambiental.**

El usuario del sistema registrará los datos proyecto (tipo, nombre, ubicación, fecha de evaluación y descripción del proyecto, nombre, fecha y descripción de las obras, nombre de actividades, identificación de impactos encontrados y la evaluación de impactos donde durante el cruce Factor/Actividad se otorgan valores cuantitativos en una escala del -3 al +3) manejados por el sistema. Sus respuestas serán almacenadas en una base de datos para su posterior consulta y elaboración de reportes que servirán de apoyo al especialista ambiental.

**Fig. 81. Rendimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental**



### **Análisis por parte del motor de inferencias**

En esta etapa el motor de inferencia utiliza técnicas de encadenamiento hacia adelante para obtener la solución adecuada, en este caso en particular el conjunto de medidas de mitigación para el usuario del sistema.

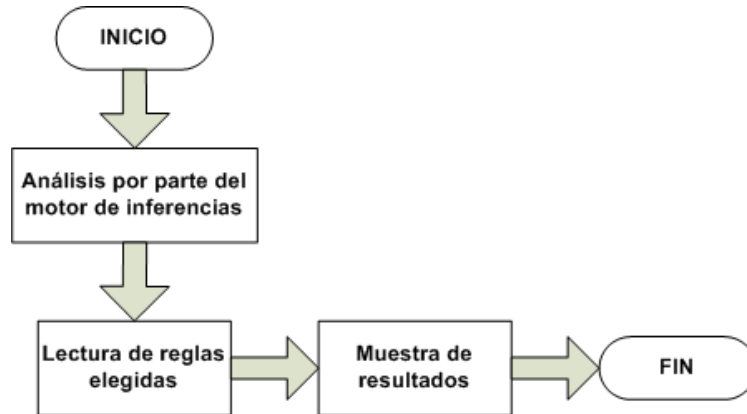
**Fig. 92. Análisis del motor de inferencias**



### **Presentación de resultados y explicaciones.**

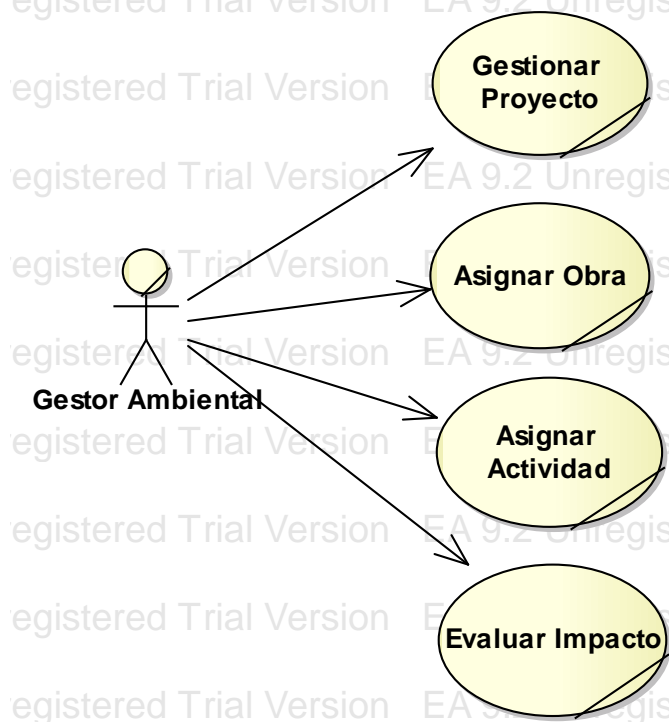
En esta etapa se le muestra al usuario del sistema el conjunto de medidas de mitigación en las que probablemente obtendrá la mayor precisión de acuerdo a los impactos encontrados.

**Fig. 103. Presentación de resultados y explicaciones**

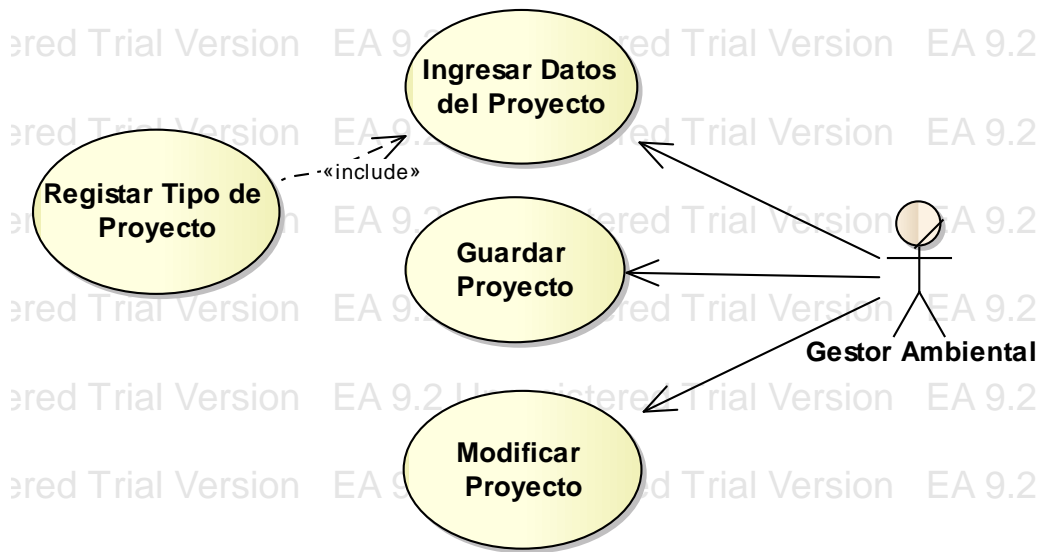


### ➤ **Adquisición y conceptualización de conocimientos.**

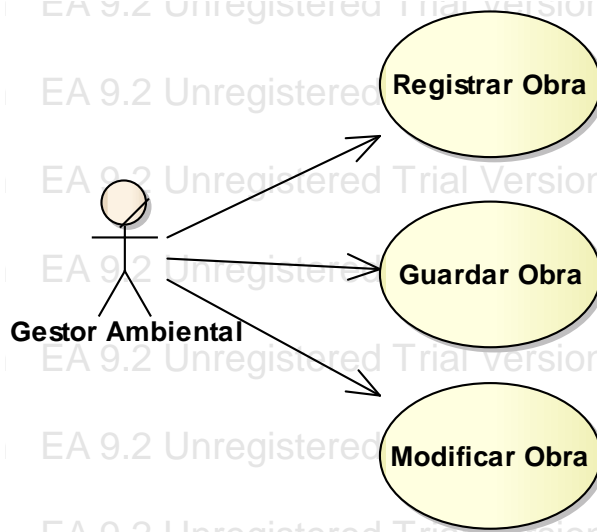
**Fig. 114 Diagrama de Caso de Uso del Negocio.**



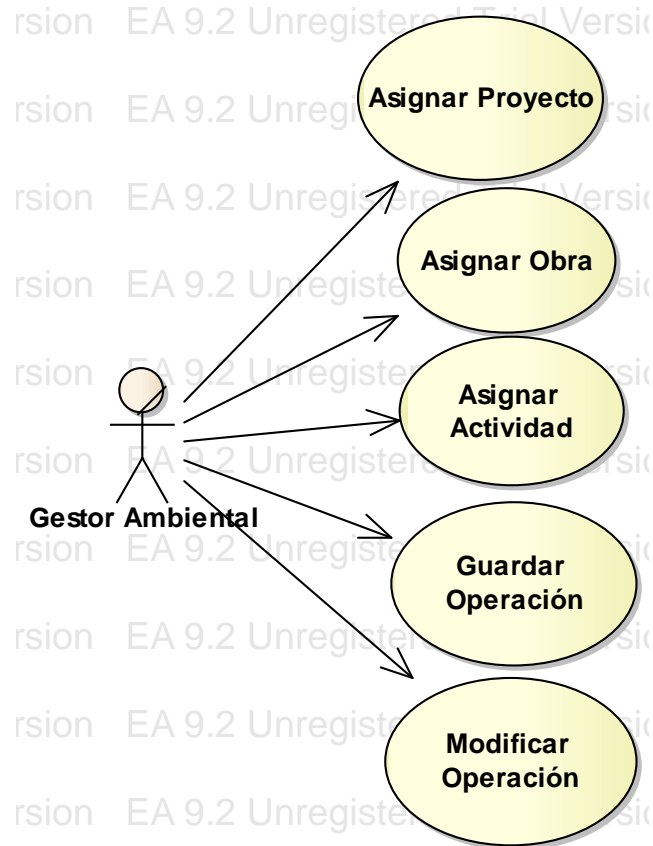
**Fig. 15 Diagrama de Caso de Uso – Registrar Nuevo Proyecto**



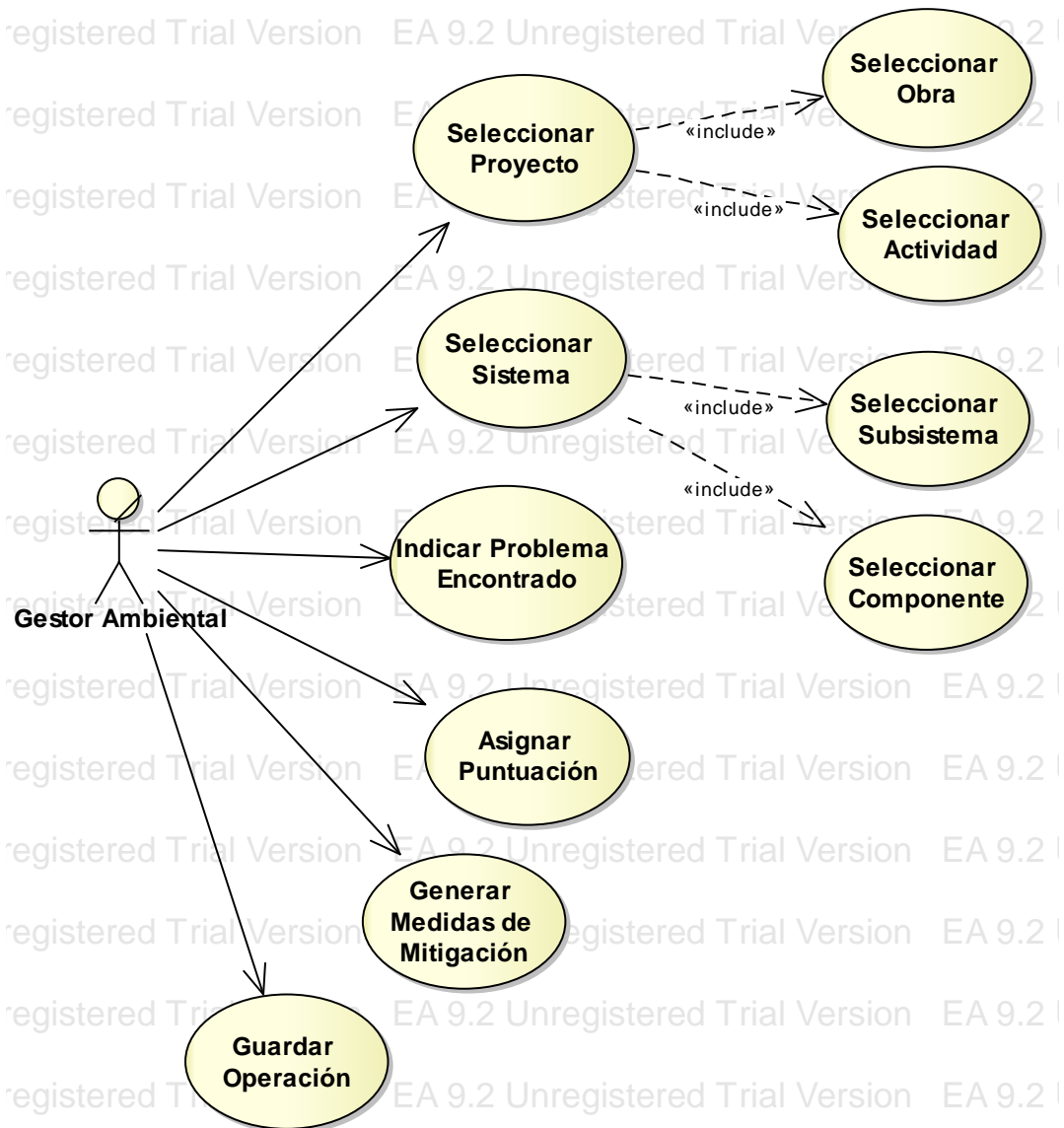
**Fig. 126 Diagrama de Caso de Uso – Registrar Obra**



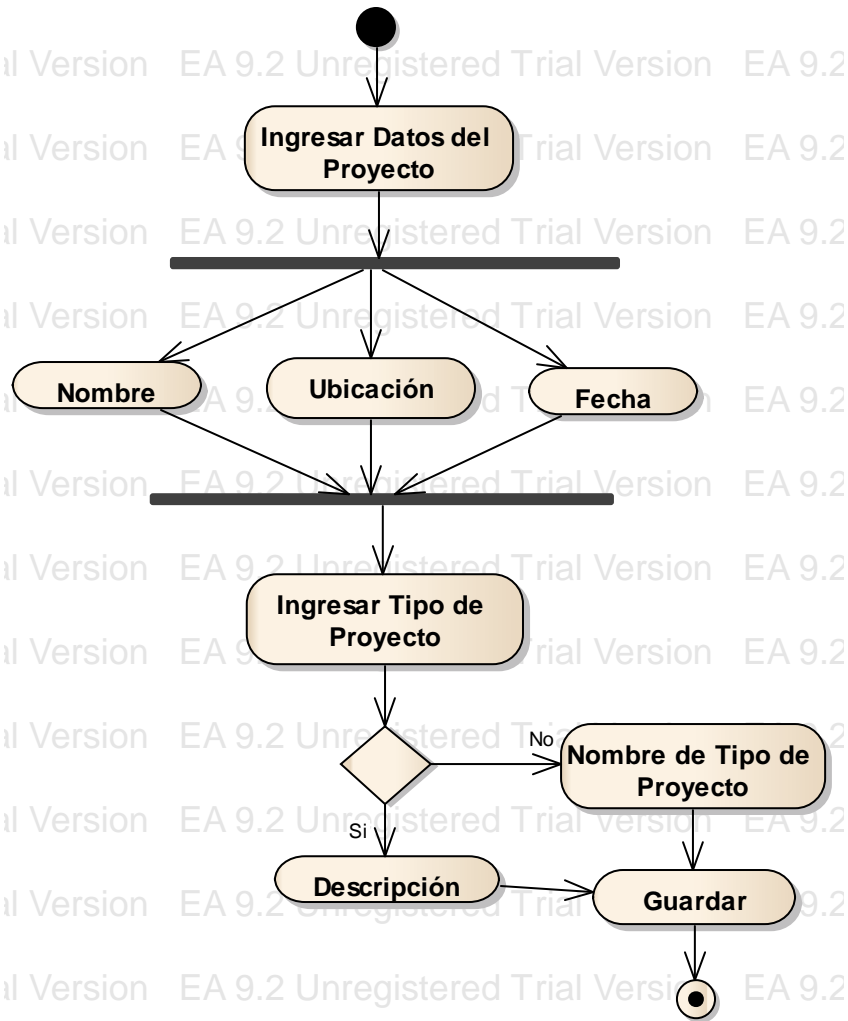
**Fig. 17 Diagrama de Caso de Uso – Asignar Actividad**



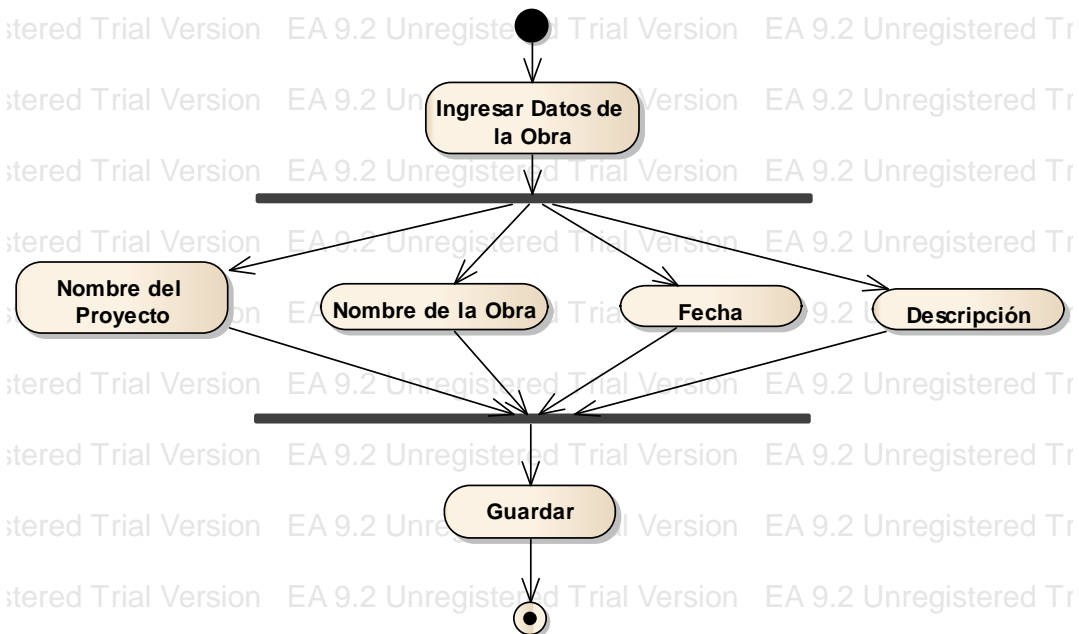
**Fig. 138 Diagrama de Caso de Uso – Evaluar Impacto Ambiental**



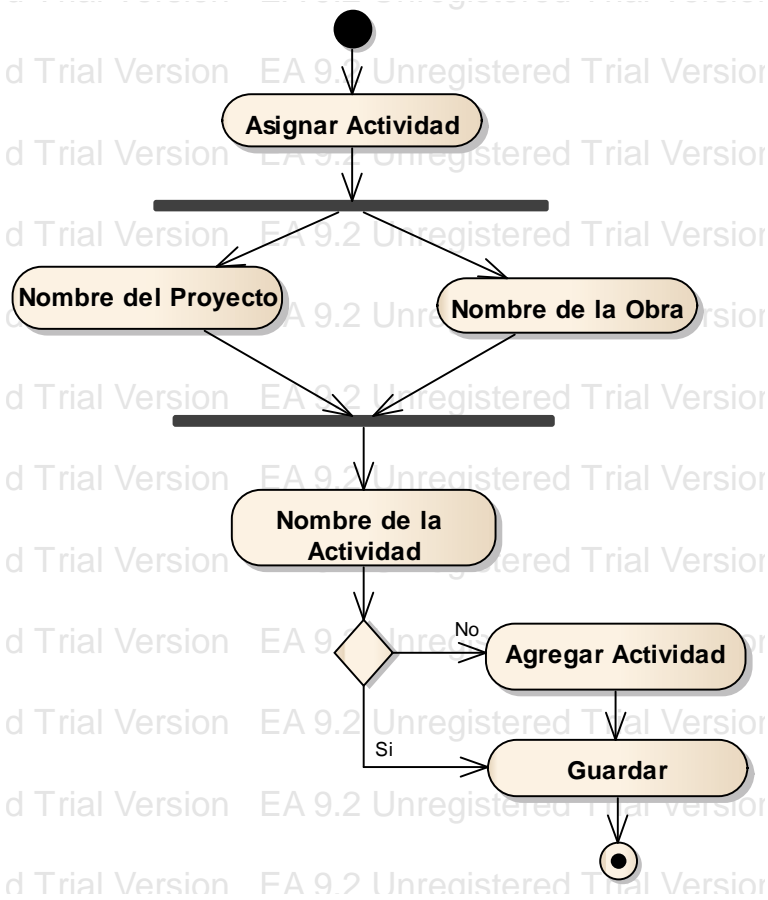
**Fig. 19 Diagrama de Actividad – Nuevo Proyecto**



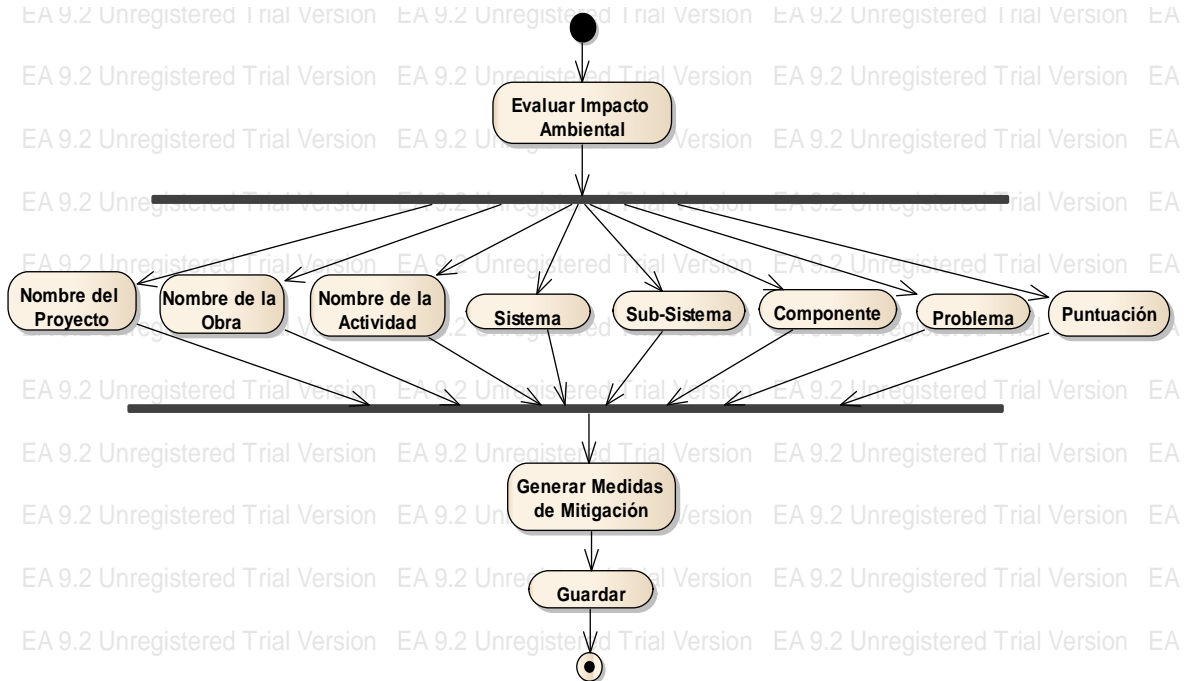
**Fig.20 Diagrama de Actividad – Registrar Obra**



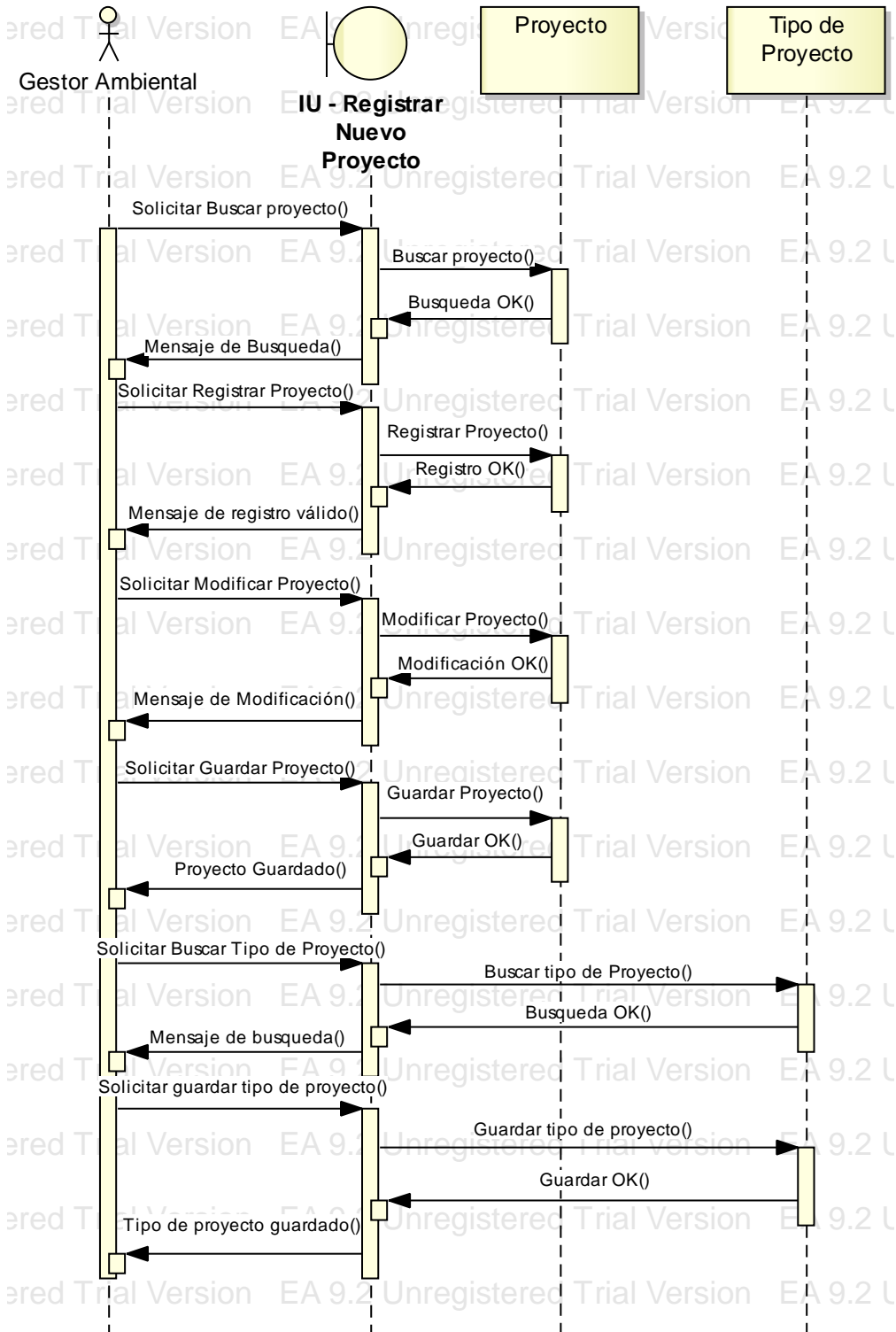
**Fig. 141 Diagrama de Actividad – Asignar Actividad**



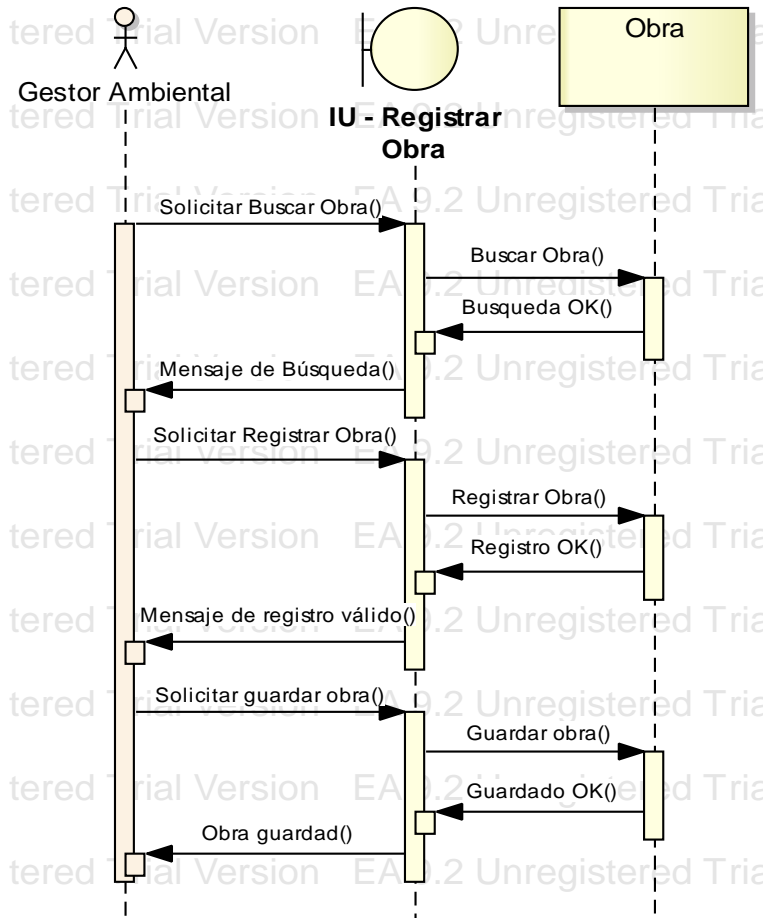
**Fig. 22 Diagrama de Actividad – Evaluar Impacto Ambiental**



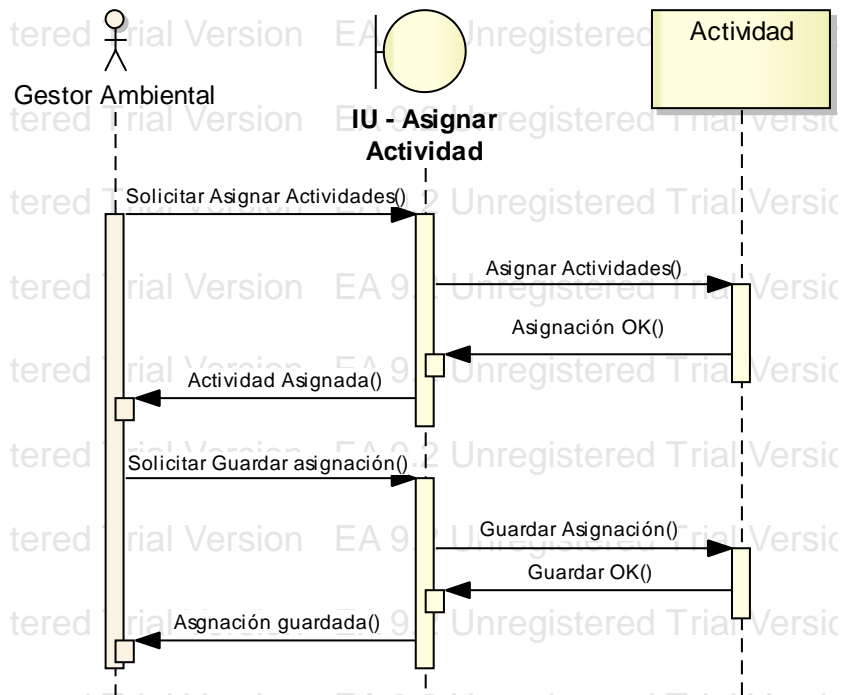
**Fig. 23 Diagrama de secuencia – Nuevo Proyecto**



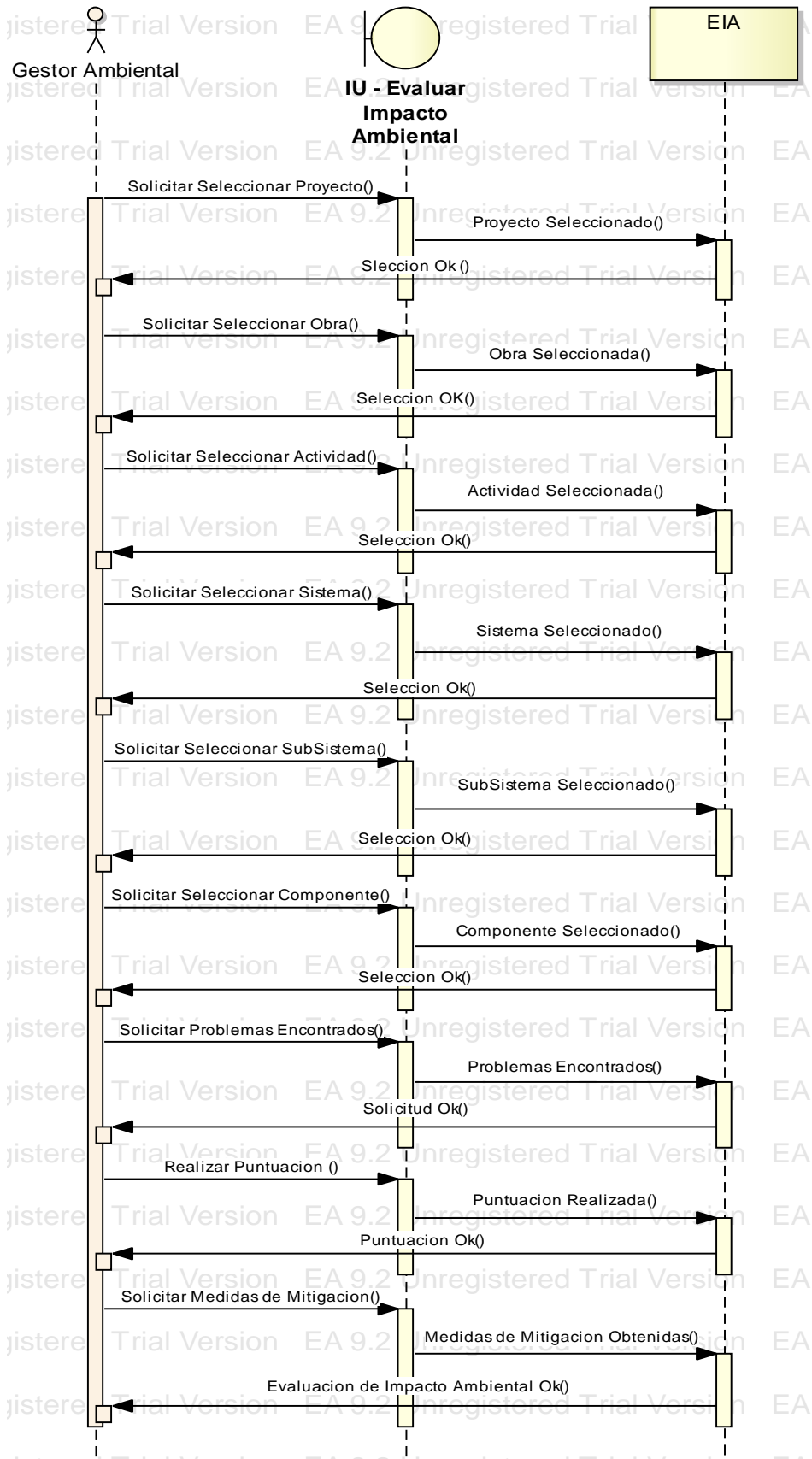
**Fig. 154 Diagrama de Secuencia – Registrar Obra**



**Fig. 25 Diagrama de secuencia – Asignar Actividad**



**Fig. 26 Diagrama de secuencia – Evaluar Impacto Ambiental**



➤ **Implementación.**

Para la construcción del sistema experto basado en reglas se dispone del lenguaje de programación VISUAL STUDIO 2008.NET y para administrador de base de datos se tiene SQL Server 2008.

**FASE 2: Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo.**

Comprende lo siguiente:

➤ **Definir el mantenimiento de las bases de conocimientos.**

Es la adquisición de nuevos conocimientos por parte de la base de conocimientos que se generan por el propio uso del sistema, definiendo los métodos necesarios para llevar a cabo este proceso.

➤ **Adquisición de nuevos conocimientos.**

Se incorporan nuevos conocimientos que se generan por el propio uso del sistema experto.

**FASE 3: Lograr una adecuada transferencia tecnológica.**

➤ **Organizar la transferencia tecnológica.**

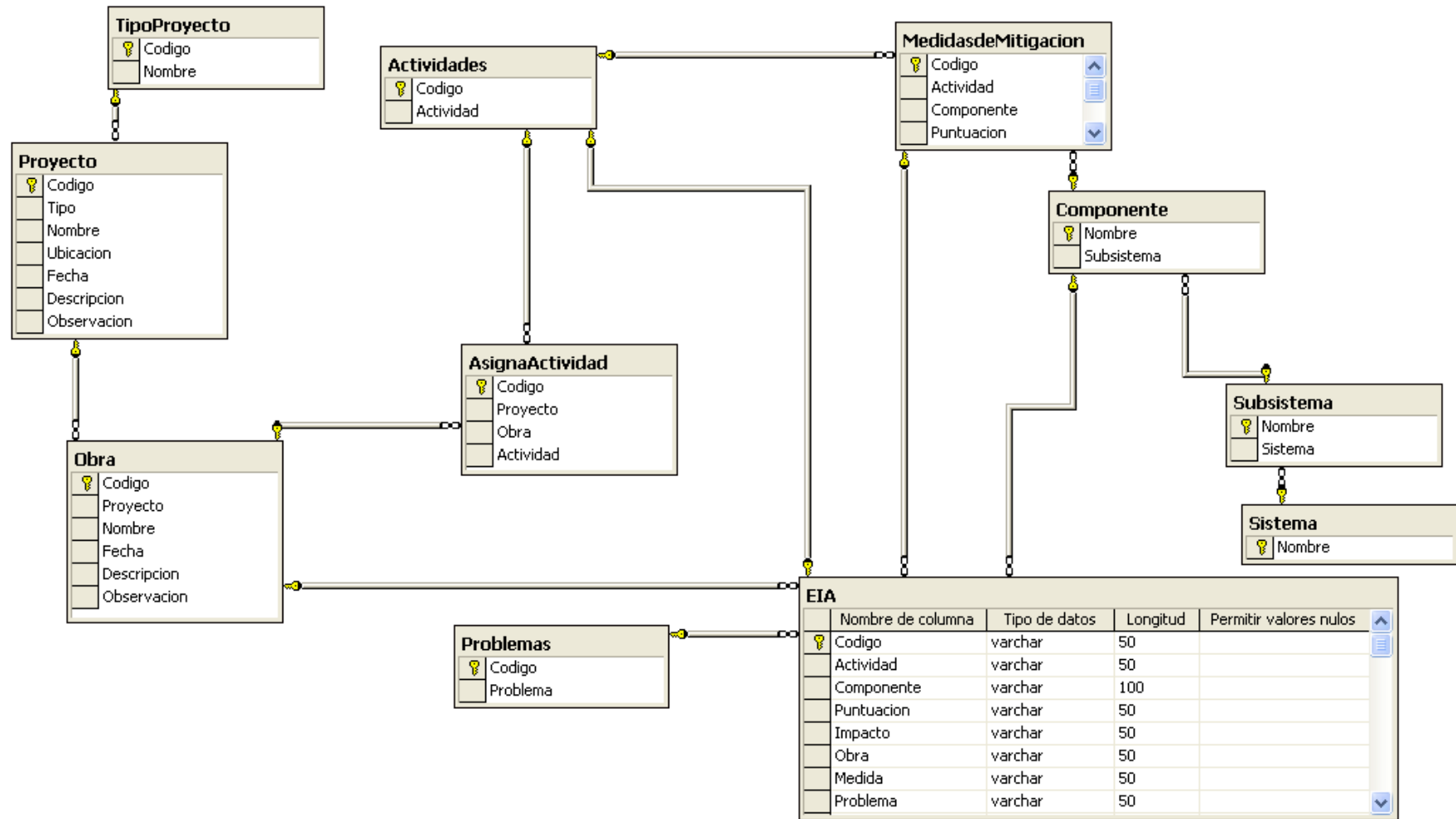
El desarrollador del sistema experto se debe reunir con los usuarios para brindar una explicación del manejo del sistema experto y de la documentación laborada.

Como se mencionó líneas anteriores, el proceso de evaluación de impacto ambiental es de suma importancia en el desarrollo de los Estudios de Impacto Ambiental y es por esta razón que se propone generar un sistema experto basado en reglas que sirva como apoyo a dicho proceso.

El sistema experto basado en reglas propuesto; denominado de ahora en adelante SEBREIA; analizó en profundidad los elementos necesarios para una toma de decisiones pertinente utilizando la estandarización de los componentes que abarca solo 17, las actividades que mayormente son usadas en varios proyectos fueron elegidas solo 12, el listado de problemas o impactos encontrados y la puntuación con una escala dada para evaluar dichos problemas o impactos; toda esta información fue recomendada por el Ingeniero Jorge Castañeda Barba quien es el especialista en impacto ambiental de la Gerencia de Desarrollo Olmos área perteneciente al Proyecto Especial Olmos – Tinajones

A su vez SEBREIA, será capaz de mostrarle al usuario del sistema las medidas de mitigación de cada problema o impacto ambiental, contará con módulos que permitan registrar y modificar datos de nuevos proyectos, registrar obras y actividades y finalmente mostrará un listado de proyectos ejecutados.

**Fig. 167: Diseño Relacional de SEBREIA**



➤ **Completar la documentación del sistema experto construido.**

Diseño de interfaces

*Fig. 178: Identificación de Usuario*



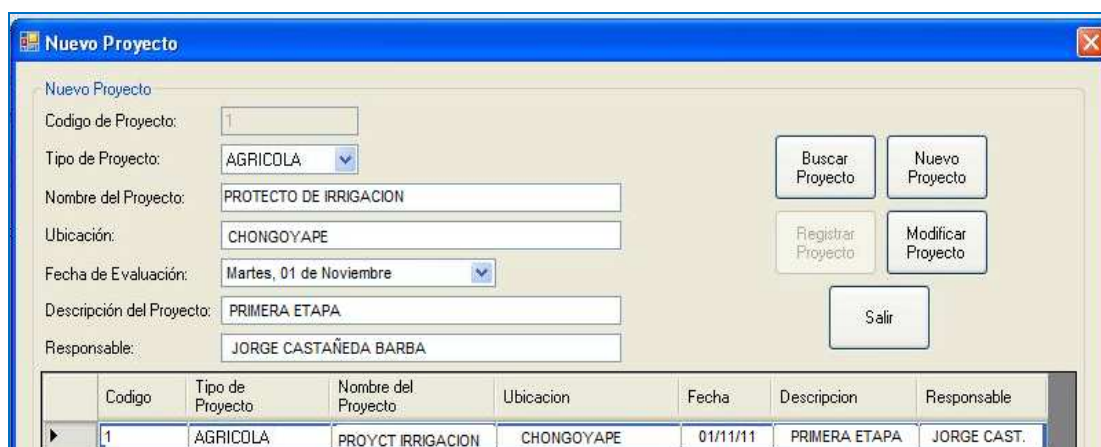
El sistema SEBREIA viene con nombre de usuario: Admin y con una clave: 1234

*Fig. 29: Panel de Control del Usuario del Sistema*



Se muestra la interfaz del sistema para ingresar a las opciones.

**Fig. 180: Registrar Nuevo Proyecto**



Nuevo Proyecto

Codigo de Proyecto: 1

Tipo de Proyecto: AGRICOLA

Nombre del Proyecto: PROTECTO DE IRRIGACION

Ubicación: CHONGOYAPE

Fecha de Evaluación: Martes, 01 de Noviembre

Descripción del Proyecto: PRIMERA ETAPA

Responsable: JORGE CASTAÑEDA BARBA

Buttons: Buscar Proyecto, Nuevo Proyecto, Registrar Proyecto, Modificar Proyecto, Salir

Codigo	Tipo de Proyecto	Nombre del Proyecto	Ubicacion	Fecha	Descripcion	Responsable
1	AGRICOLA	PROYCT IRRIGACION	CHONGOYAPE	01/11/11	PRIMERA ETAPA	JORGE CAST.

Una vez ingresado al sistema ya se puede comenzar con el registro de un nuevo proyecto, donde se escribirá el tipo de proyecto al que pertenece, se debe indicar el nombre del proyecto que se realizará, su ubicación, la fecha, una descripción del proyecto y el responsable de realizar la evaluación.

**Fig. 191: Registro de Obras**



Asignar Obra

Codigo de Obra: 2

Nombre del Proyecto: PROYC IRRIGAC.

Nombre de Obra: EMBALSE

Fecha de Obra: Martes, 01 de Noviembre de 2011

Descripción de Obra: ETAPA 1

Observación:

Buttons: Buscar Obra, Nuevo Obra, Registrar Obra, Modificar Obra, Salir

Codigo	Nombre	Nombre de Obra	Fecha	Descripcion	Observacion
1	PROY IRRIG	EMBALSE	01/01/11	ETAPA 1	

Seguidamente, se debe registrar la obra u obras que contenga dicho proyecto, donde se colocará el nombre de obra, la fecha de iniciada la obra, una descripción y alguna observación.

**Fig. 202: Registro de Asignación de Actividades**

Codigo	Nombre	Obra	Actividad
1	PROY. IRRIG	EMBALSE	CONSTRUCCION DE CAMINOS Y VIAS DE ACCESO
2	PROY. IRRIG	EMBALSE	LIMPIEZA Y NIVELACION DEL AREA
3	PROY. IRRIG	EMBALSE	INSTALACION DE CAMPAMENTOS
4	PROY. IRRIG	EMBALSE	UTILIZACION DE BOTADEROS
5	PROY. IRRIG	EMBALSE	CONSTRUCCION DE LA PRESA
6	PROY. IRRIG	EMBALSE	EXPLOTACION DE CANTERAS
7	PROY. IRRIG	EMBALSE	REMOSION DE VIVIENDAS Y AREAS DE CULTIVO
8	PROY. IRRIG	EMBALSE	UTILIZACION DE BOTADEROS

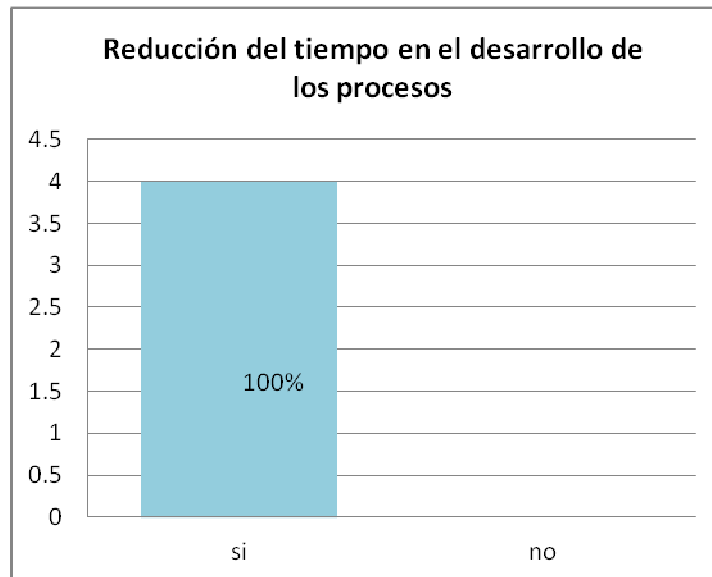
Para el caso de las actividades, se deberá registrar el nombre de la actividad ubicándola en la obra y proyecto al que pertenecen. Esto se da, si en caso se vaya a trabajar con actividades que no estén almacenadas en el sistema.

**Fig. 214: Registro de la Evaluación de Impacto Ambiental**

Con respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, el usuario del sistema procederá a seleccionar el proyecto creado con su o sus obras registradas y sus respectivas actividades; luego se seleccionará el sistema, subsistema y componentes que trabajarán con las actividades ya seleccionadas. Inmediatamente, se podrán seleccionar los problemas o impactos encontrados para ser evaluados utilizando una escala del -3 al +3. Finalmente se generarán las medidas de mitigación.

Después de la implementación del sistema experto se tienen los siguientes resultados a través de una entrevista de la opinión del sistema propuesto dirigido a la Gerencia de Desarrollo Olmos. Anexo 6.

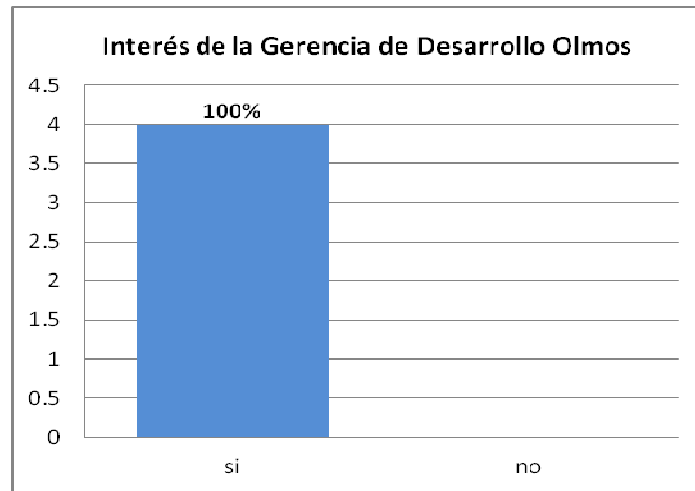
**Fig. 35: ¿Cree usted que el sistema experto para la evaluación de impacto ambiental colabora con la reducción del tiempo en el desarrollo de los procesos?**



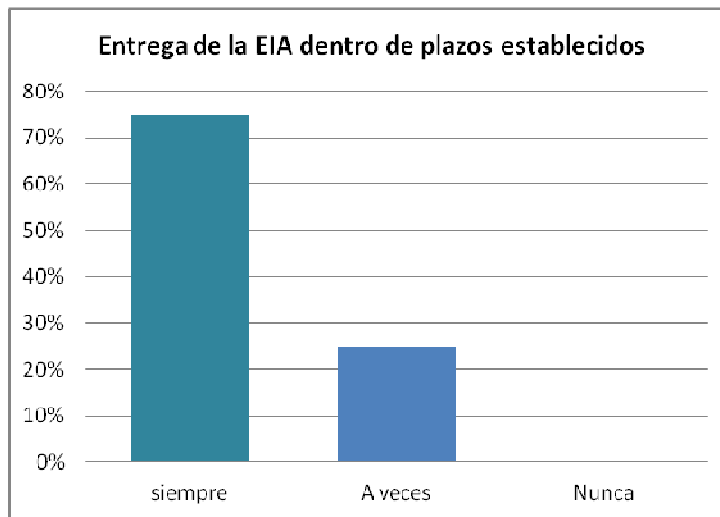
**Fig. 36: ¿Cree Usted que el sistema experto para la evaluación de impacto ambiental contribuye a mejorar la disponibilidad de información histórica para dar soporte a otros proyectos que se hayan iniciado?**



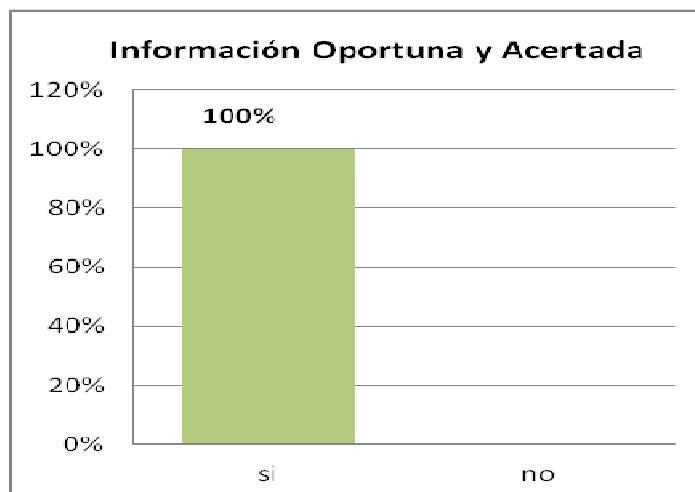
**Fig. 37: ¿Estaría usted interesado en hacer uso del nuevo sistema experto para la evaluación de impacto ambiental en la Gerencia de Desarrollo Olmos?**



**Fig. 38: ¿Cree Ud. que con el nuevo sistema experto entregará dentro de los plazos establecidos la evaluación de impacto ambiental (EIA)?**

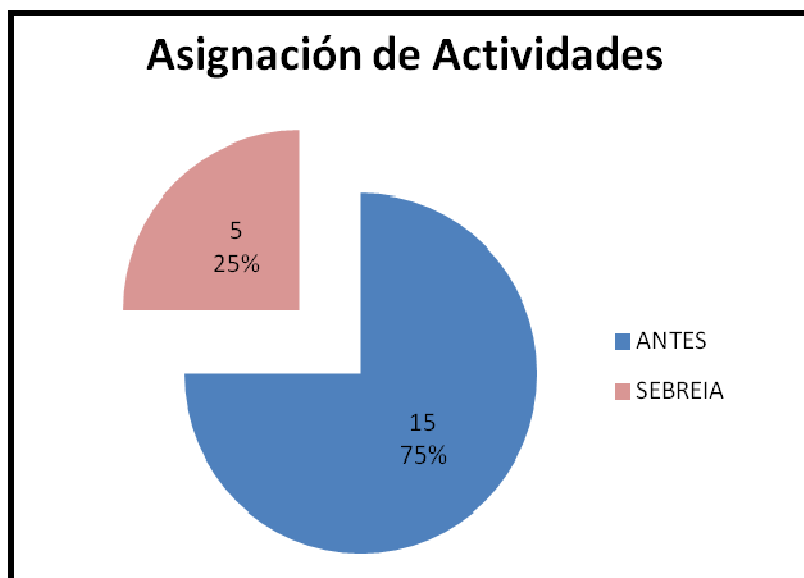


**Fig. 39: ¿Cómo usuario del sistema, cuenta con información oportuna y acertada?**



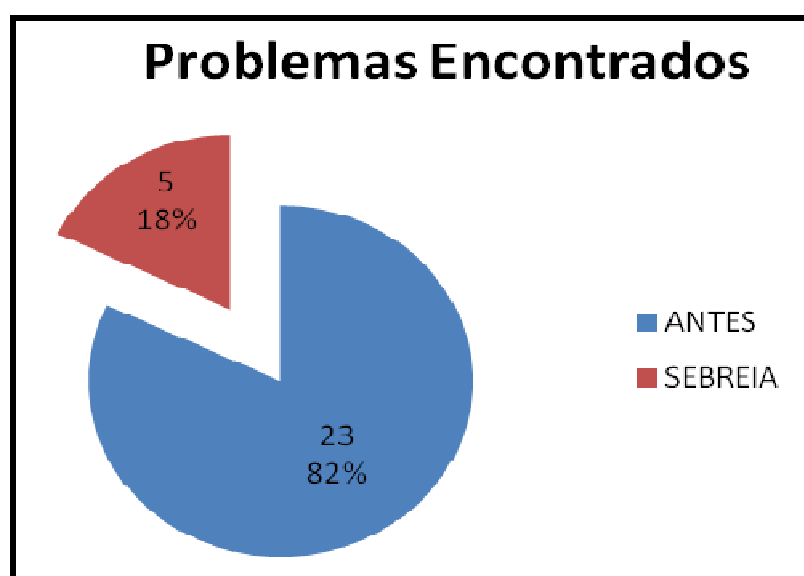
Como observamos en el gráfico, el número de días para asignar las actividades con las que trabajarían los proyectos de impacto ambiental disminuyó, ya que manualmente la asignación de actividades demoraba un 75% de días y con SEBREIA solo hubo una demora 25%. Anexo 02

**Fig. 225. Indicador de cantidad de información almacenada**



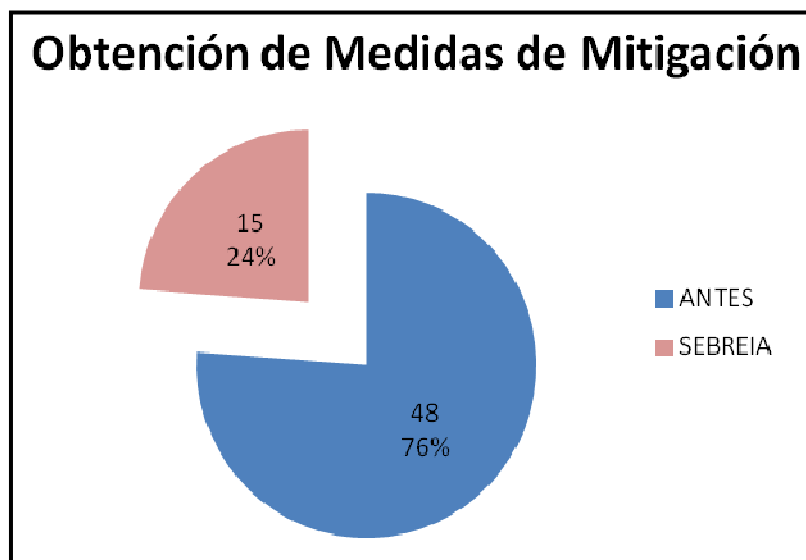
En el procesos de identificación de impactos, la cantidad de efectos o problemas encontrados durante la evaluación de impacto ambiental se obtenía en un 82% de días, mientras que con SEBREIA los días para encontrar los efectos o problemas abarcaron un 18% Anexo 03.

**Fig. 236. Indicador de cantidad de información almacenada**



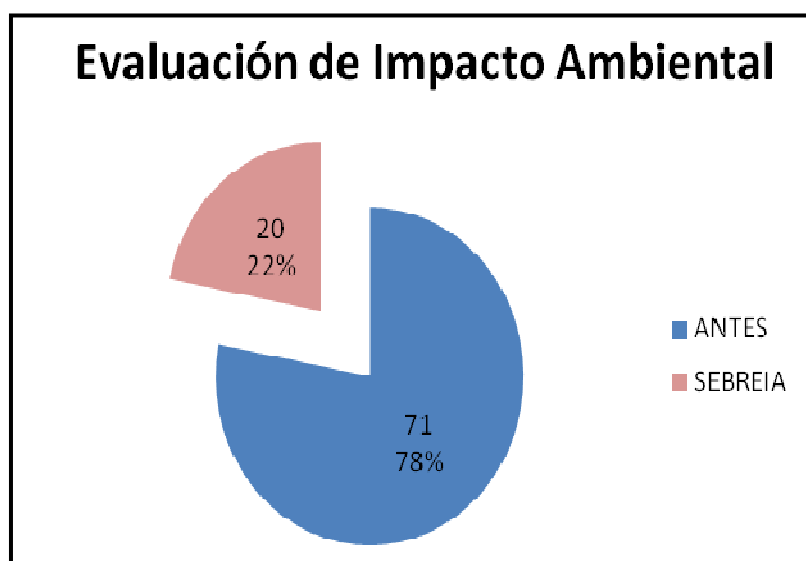
Por otro lado, el gráfico muestra que para la realización del Plan de Manejo Ambiental el especialista se demoraba 48 días aproximadamente para obtener las medidas de mitigación de dicho Plan de Manejo. Ahora, con SEBREIA el especialista logró obtener las medidas de mitigación en 15 días. Anexo 04.

**Fig. 24. Indicador de cantidad de información almacenada**



Finalmente, para el proceso más importante como es la Evaluación de Impacto Ambiental, se notó que el especialista (operario) demoraba 71 días para su culminación. Sin embargo, con SEBREIA su tiempo se optimizó realizando la evaluación en solo 20 días. Anexo 05.

**Fig. 25. Indicador de Productividad del Operario**



## V. DISCUSION

Durante el desarrollo de esta investigación se ha podido reconocer la importancia de un sistema experto, ya que en la actualidad presentan enormes ventajas en sistemas de ayuda a los usuarios en determinados campos donde no son expertos o cuando el conocimiento de los usuarios sobre el tema es limitado. [Baltasar, 2001]

Gutiérrez, et al, [2001:7] afirma que el conocimiento de varios expertos humanos puede combinarse, lo que da lugar a sistemas expertos más fiables, ya que se obtiene un sistema experto que combina la sabiduría colectiva de varios expertos humanos en lugar de la de uno solo. Los sistemas expertos pueden responder a preguntas y resolver problemas mucho más rápidamente que un experto humano. Por ello, los sistemas son muy valiosos en casos en los que el tiempo de respuesta es crítico.

Según Giarratano [1998] y Hindin, et al, [1989] para que un sistema experto sea útil debe responder al usuario en un menor tiempo al que respondería el experto humano.

Con respecto a los procesos de la evaluación de impacto ambiental Cerrón [2005:39] afirma que es de suma importancia, ya que permiten la preservación de los recursos naturales, la protección de los ecosistemas y la identificación de medidas de mitigación necesarias para eliminar o minimizar los impactos a niveles permisibles.

El sistema experto implementado mediante la sistematización de actividades, efectos o problemas encontrados y medidas de mitigación, permite dar soporte a otros proyectos ambientales que se inicien posteriormente.

Con dicha sistematización, existe una disminución del tiempo en el desarrollo de los procesos de identificación y evaluación de impactos, logrando de manera más rápida y precisa las medidas de mitigación de los impactos ambientales generados.

El sistema de experto expuesto en la presente tesis, ayudará a dar soporte a los capítulos de evaluación de impactos ambientales y plan de manejo ambiental (medidas de mitigación); los cuales son necesarios en todo estudio de impacto ambiental.

## **VI. PROPUESTA**

Dado que el tema ambiental es hoy por hoy ya una tendencia, urge que todos los proyectos, ya sean de tipo públicos o privados, atraviesen por una evaluación de impacto ambiental.

Se propone una herramienta que automatice los procesos de esta evaluación, que se registren los proyectos según su tipo, y a partir de ello se planteen los factores y actividades con los que se requiere trabajar, que permita identificar los posibles impactos ambientales para generar un plan de manejo ambiental, el cual contenga las medidas de mitigación.

En lo que a factores y actividades respecta, son constantes para la mayoría de proyectos, por ende se deben tener ya almacenados y organizados, y así facilitar el trabajo del especialista en impacto ambiental, que se dedicaría de lleno a la calificación numérica y sería el software quien la transformaría a calificación cualitativa, concatenando también las medidas de mitigación ya almacenadas.

El software elaborado SEBREIA, recoge los requerimientos antes descritos.

## VII. CONCLUSIONES

- 1) Con la implementación del Sistema Experto se ha logrado una sistematización de actividades, efectos o problemas encontrados y medidas de mitigación que intervienen en la ejecución de todo proyecto.
- 2) La puesta en marcha del Sistema Experto optimizó el tiempo en el proceso de identificación de impactos (problemas encontrados), realizándose en solo 5 días.
- 3) Se incrementó el volumen de información histórica para dar soporte a otros proyectos que se inicien posteriormente.
- 4) La implementación del Sistema de Experto Basado en Reglas logró disminuir el tiempo en el desarrollo de los procesos de la evaluación de impactos ambientales.
- 5) El sistema experto en solo 15 días permitió obtener de manera más rápida y precisa las medidas de mitigación de los impactos ambientales.
- 6) Se logró dar soporte a los capítulos de evaluación de impactos ambientales y plan de manejo ambiental (medidas de mitigación); los cuales son necesarios en todo estudio de impacto ambiental

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bauer, Klaus. 1988. *Sistemas expertos: Introducción a la técnica y aplicación*. Barcelona: Marcombo.

Carlos Miguel Herrero Jiménez. 2003. *Desarrollo de un sistema experto para identificación de impactos ambientales de proyectos a partir de un sistema de información geográfica. Aplicación a la comunidad de Madrid*. Madrid: Universidad politécnica de Madrid - Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos.

Castillo, Enrique, José Gutiérrez, y Ali S. Hadi. 2001. «Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas.» España: Universidad de Cantabria.

Castillo, E. and Alvarez, E. (1991), *Expert Systems: Uncertainty and Learning*. Computational Mechanics Publications and Elsevier Applied Science, London, U.K.

Collazos, Jesús. 2005. *Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos*. Lima: Editorial San Marcos.

Congreso de la república. 2001. *Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental*. Lima.

Espinoza, Guillermo. 2001. *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago: Centro de Estudios para el Desarrollo.

Kemper Valverde, Nicolás. 2009. «Guía rápida para construir un Sistema Experto.» Editado por Laboratorio de Sistemas Inteligentes. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Millán Mirta Iliana; Bériz, Thelvia Margarita; Salinas, Eduardo. 1992. *POLUX: un sistema experto para la evaluación de impacto ambiental de obras de inversión*. La Habana: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

Darlines Sánchez Muñoz. 2008. *Sistema experto para la evaluación de impacto ambiental de proyectos mineros*. Universidad de Granada - Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Ciudad de Granada.

Nilsson J., Nils. 2001. *INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Una nueva síntesis*. Madrid: McGraw-Hill / Interamericana.

Palacios, Lilia. 1990. *Contaminación Ambiental. Origen, Clases, Fuentes y Efectos*. Xalapa: Sociedad Mexicana de Toxicología

Pedro Rafael Mendoza Escobar, Morris Schwarzblat, Juan Arellano y Pedro Álvarez-Icaza. 1997. *Segare: un sistema experto para la generación automática de resoluciones de manifestaciones de impacto ambiental*. Ciudad de México: Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental (DGOEIA) del Instituto Nacional de Ecología (INE)

Stuart J., Russell, y Peter Norvig. 2004. INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Un enfoque moderno. Segunda Edición. España: Pearson Education.

Santana, Miguel. 1988. Los sistemas expertos y sus aplicaciones. Lima: PUCP. Escuela de Graduados.

Stevens, L. (1984), Artificial Intelligence. The Search for the Perfect Machine. Hayden Book Company, Hasbrouck Heights, N.J.

Máximo Hatta Sakoda, Iván Manche Espinoza. 2005. Formulación y evaluación de proyecto de inversión pública de infraestructura de riego. Lima.

## **IX. ANEXOS**

**Anexo 01.-** Entrevista sobre los procesos de: Identificación de impactos, evaluación de impactos y obtención de medidas de mitigación.

Dirigida: Especialista en Gestión Ambiental y Asistente Ambientalista de la Gerencia de Desarrollo Olmos.

- 1.** ¿Qué tiempo se demora en asignar las actividades aun proyecto?
- 2.** ¿Cuáles considera Ud. son actividades que intervienen generalmente en un proyecto ambiental?
- 3.** Proponga nuevas acciones (actividades) si lo considera necesario.
- 4.** ¿Qué factores ambientales tiene Ud. en cuenta para realizar las evaluaciones de impacto?
- 5.** ¿Qué impactos generalmente son provocados en un proyecto? Y ¿qué tiempo demora en identificarlos?
- 6.** ¿Qué escala de puntuación tiene Ud. en cuenta para los impactos ambientales generados?
- 7.** ¿Cuál es la metodología puedo emplear para realizar el proceso de evaluación de impacto?
- 8.** ¿Qué tipos de proyectos requieren se le realice el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental?
- 9.** ¿En qué etapa del proyecto es más urgente realizar la evaluación de impacto ambiental?
- 10.** ¿Cuáles son los factores del medio que son generalmente más afectados?
- 11.** ¿Cuánto tiempo demora en obtener las medidas de mitigación?
- 12.** ¿Entrega Ud. dentro de los plazos establecidos los reportes solicitados de los procesos de identificación, evaluación y medidas de mitigación?

**Anexo 02.-**

**Tabla 01. N° de días para Asignar Actividades.**

<b>CATEGORIA</b>	<b>Asignación de Actividades</b>	<b>%</b>
<b>ANTES</b>	15	75%
<b>SEBREIA</b>	5	25%
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

**Anexo 03.**

**Tabla 02. N° de días para encontrar los Efectos o Problemas Ambientales.**

<b>CATEGORÍAS</b>	<b>Problemas Encontrados</b>	<b>%</b>
<b>ANTES</b>	23	82%
<b>SEBREIA</b>	5	18%
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

**Anexo 04.**

**Tabla 03. N° de días para Obtener las Medidas de Mitigación.**

<b>CATEGORIAS</b>	<b>Obtención de Medidas de Mitigación</b>	<b>%</b>
<b>ANTES</b>	48	76%
<b>SEBREIA</b>	15	24%
<b>TOTAL</b>	<b>63</b>	<b>100%</b>

**Anexo 05.-**

**Tabla 4. N° de días para la realización de la Evaluación del Impacto Ambiental.**

<b>CATEGORIA</b>	<b>Evaluación de Impacto Ambiental</b>	<b>%</b>
<b>ANTES</b>	71	78%
<b>SEBREIA</b>	20	22%
<b>TOTAL</b>	<b>91</b>	<b>100%</b>

**Anexo 06.-** Entrevista de la opinión del sistema propuesto dirigido a la Gerencia de Desarrollo Olmos.

1.- ¿Cree usted que el sistema experto para la evaluación de impacto ambiental colabora con la reducción del tiempo en las tareas de los proceso?

a) Si

b) No

2.- ¿Cree Usted que el sistema experto para la evaluación de impacto ambiental contribuye a mejorar la disponibilidad de información histórica para dar soporte a otros proyectos que se hayan iniciado?

a) Si

b) No

3.- ¿Estaría usted interesado en hacer uso del nuevo sistema experto para la evaluación de impacto ambiental en la Gerencia de Desarrollo Olmos?

a) Si

b) No

5.- ¿Cree Ud. que con el nuevo sistema experto entregaría dentro de los plazos establecidos la evaluación de impacto ambiental?

a) Siempre

b) A veces

c) Nunca

7.- ¿Cómo usuario del sistema, cuenta con información oportuna y acertada?

a) Si

b) No