

# Software para la evaluación de impacto ambiental: EIA09

Cruz Minguez, Vicente - [vicentecruzminguez@hotmail.com](mailto:vicentecruzminguez@hotmail.com)<sup>1</sup>

Gallego Martín, Enrique - [engalmaseg@gmail.com](mailto:engalmaseg@gmail.com)<sup>1</sup>

González de Paula, Luis - [luis.depaula@gmail.com](mailto:luis.depaula@gmail.com)<sup>1</sup>

Garmendia Salvador, Luis - [lgarmend@fdi.ucm.es](mailto:lgarmend@fdi.ucm.es)<sup>1</sup>

Garmendia Salvador, Alfonso - [algarsal@upvnet.upv.es](mailto:algarsal@upvnet.upv.es)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Ingeniería Software e Inteligencia Artificial Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid, Spain.

<sup>2</sup>Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad Politécnica de Valencia. Spain

## RESUMEN

En este trabajo se presenta una aplicación de software multiplataforma, libre, gratuito y abierto (licencia GNU), para realizar evaluaciones de impacto ambiental de una amplia gama de proyectos de ingeniería, con una interfaz amigable.

La principal innovación se encuentra en la inclusión de elementos de inferencia mediante lógica borrosa, debido a que el tipo de valoración que se realiza en las diferentes metodologías de evaluación de impacto ambiental tienen estructura borrosa. Esta metodología resulta de una gran ayuda para la estimación de ciertas características que presentan algún grado de subjetividad.

El programa puede obtenerse en:

<http://www.fdi.ucm.es/profesor/lgarmend/eia09/>

### **Palabras claves:**

Evaluación de impacto ambiental; función de transformación, valoración ambiental; conjuntos borrosos y lógica difusa.

## ABSTRACT

A new free open software application (GNU license) is presented. It is used to help on the environmental impact assessment for a wide range of projects, from a friendly interface.

The main innovation is the fuzzy logic inference, used because the logic used for environmental impact assessment has fuzzy structure. This methodology is of great help for estimation of the characteristics that present some degree of uncertainty or subjectiveness.

The software can be downloaded from:  
<http://www.fdi.ucm.es/profesor/lgarmend/eia09/>

### *Keywords*

Environmental impact assessment; transformation function; environmental assessment; fuzzy sets and fuzzy logic.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. EIA

En la década de los años 70, debido al agravamiento de los problemas ambientales, el medio ambiente cobra amplio reconocimiento y surge la necesidad de incorporar la variable ambiental como factor de garantía del progreso.

La evaluación de impacto ambiental (EIA), en el contexto actual, se entiende como un proceso de análisis que anticipa los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados.

El fin del proceso de EIA es identificar, predecir, valorar, prevenir o corregir y comunicar los efectos y los impactos ambientales producidos por una obra, discriminando entre las distintas alternativas. La selección de los factores ambientales y de las acciones de la obra conducen a identificar los posibles impactos ambientales y para evaluar estos se tienen los indicadores. Para poder agregar es preciso utilizar las funciones de transformación, que son, en si mismas, ya conjuntos borrosos, y con las que se pueden utilizar todas las técnicas de agregación de la lógica difusa.

## **1.2. Concepto de evaluación de impacto ambiental**

La Evaluación de Impacto Ambiental es una valoración de los impactos que se producen sobre el medio ambiente por un determinado proyecto.

En todo el proceso de evaluación de impacto ambiental se persigue un objetivo claro: valorar adecuadamente las acciones sobre el entorno de forma que puedan encuadrarse dentro del proceso de toma de decisiones y poder decidir si la realización de un proyecto determinado es o no aceptable desde un punto de vista ambiental.

Otra cuestión importante a la hora de realizar una valoración ambiental es la forma de tratar la incertidumbre inherente a cualquier proceso ambiental. Ésta no es evitable, por lo que es necesario integrarla de alguna manera dentro del proceso de valoración. La incertidumbre que afecta a una evaluación de impacto ambiental puede ser:

- Falta de conocimientos científicos sobre la estructura o función de elementos del ecosistema, de los efectos que pueden producir determinadas acciones sobre éstos, y ausencia de modelos predictivos.
- Sobre la importancia de cada uno de los elementos ambientales.
- Sobre los criterios valorativos que se deben utilizar.
- Sobre cuáles son las alternativas técnicamente viables que se deben analizar.

Para resolverla o al menos para reducirla existen metodologías basadas en la consulta a expertos sobre la materia o en la participación pública.

## **1.3. Metodología del proceso EIA**

Para realizar una evaluación de impacto ambiental se pueden utilizar diferentes metodologías. Algunos métodos son generales, otros muy específicos, pero de todos ellos pueden traerse técnicas, que con variaciones, pueden ser útiles para la evaluación. La mayor parte de estos métodos se elaboran para trabajos concretos, por lo que, en ocasiones, no es sencillo su uso tal y como fueron creados, pero adaptándolos a cada caso concreto, pueden llegar a ser muy útiles.

### 1.3.1. Identificación de impactos

Este es el punto de partida del redactor del estudio de impacto ambiental, cuya primera fase es la identificación de impactos; su desarrollo pasa por una serie de tareas cuya realización implica:

- Conocer el proyecto y sus alternativas.
- Conocer el medio en el que va a desarrollarse; su entorno.
- Determinar las interacciones (relaciones recíprocas) entre ambos.

De acuerdo con esto, la identificación de impactos se desarrolla en la metodología según dos líneas paralelas, una que analiza el proyecto y que desemboca en la identificación de las acciones de éste susceptibles de producir impactos significativos y otra que analiza el entorno afectado para identificar los factores del medio que presumiblemente serán alterados por aquellas acciones; ambas líneas confluyen en una tarea destinada específicamente a la identificación de efectos potenciales mediante la búsqueda de relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores, utilizando para ello técnicas adecuadas.

- Análisis del proyecto y sus acciones.
  - Esta tarea consiste en estudiar los elementos y procesos del proyecto objeto de evaluación que pueden desencadenar impactos, contando para ello con la información señalada y teniendo en cuenta los elementos de reflexión sobre integración ambiental.

- Análisis de las alternativas.

El examen de las alternativas consideradas por el profesional adquiere su mejor argumento en la idea de integración. Puede ser más o menos informal, intuitivo o empírico, o bien adoptar un modelo de evaluación formal, que es lo más común. En este último caso, los datos con los que opera la evolución pueden ser los de tipo cualitativo de que se dispone en las primeras fases del estudio o bien los cuantificados que resultan de la realización de un estudio de impacto ambiental completo a cada una de las alternativas. Las conclusiones que se extraigan de esta evaluación informarán directamente la declaración de impacto ambiental.

- Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos.

- Se entiende por acción a la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental. Tales causas pueden residir en todas las fases del desarrollo del proyecto y en todas las partes y elementos que lo forman; a todos ellos debe atender esta tarea. Para formalizarla se suele desagregar el proyecto en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales (las hojas) representará acciones simples causa directa de impacto.
- Identificación de los factores del medio susceptibles de recibir impactos.

Por factores del medio susceptibles de recibir impactos se entienden los elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto de forma significativa. Nos referiremos a ellos con la calificación de relevantes.

- La complejidad del entorno y su carácter de sistema, aconseja disponer los factores relevantes en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales (hojas) representará subfactores muy simples y concretos.

Es necesaria la estimación de la importancia relativa de cada uno de estos factores, expresada en términos de pesos o coeficientes de ponderación, que representan la contribución relativa de cada factor a la calidad ambiental del ámbito de referencia considerado, y son independientes del proyecto sometido a evaluación.

### *1.3.2. Valoración de impactos*

Valorar implica medir primero aquello que se desea valorar y traducir luego esa medida a un juicio de valor; para medir hay que contar con una unidad de medida y con un método que permita hacer comparables las medidas obtenidas por diferentes personas y en diferentes momentos; la valoración requiere disponer de unos baremos o niveles de referencia contrastados.

El valor de un impacto dependerá de la cantidad y calidad del factor ambiental afectado, de la importancia o contribución de éste a la calidad ambiental en el ámbito de referencia, del grado de incidencia o severidad de la afección y características del efecto expresadas por una serie de atributos que lo describen.

Dependiendo del contenido y alcance del estudio de impacto ambiental a realizar, puede decirse, en términos esquemáticos, que la valoración admite, tres niveles de

aproximación, los cuales corresponden a otros tantos caminos alternativos en la metodología que se describe.

- Simple enjuiciamiento.

Interpretación de cada impacto identificado en los términos que señala una terminología concreta, siempre que sea significativa y de fácil comprensión por personas no iniciadas en la evaluación de impactos ambientales. Este enjuiciamiento ha de ser fruto de un atento proceso de reflexión a partir del conocimiento acumulado que comporta el trabajo realizado hasta esta fase.

- Valoración cualitativa.

Consiste en situar cada impacto identificado en un rango de alguna escala de puntuación cuyo tamaño depende del grado de confianza de que se disponga; así valorar en una escala de tres rangos, es más fácil que hacerlo en una de cinco, pero esta última permiten matizar un poco más.

- Valoración cuantitativa.

Es la que requiere más información, conocimiento y criterio del equipo evaluador. El método que aquí se expone se formaliza a través de varias tareas bien marcadas:

- Determinar un índice de incidencia para cada impacto estandarizado entre 0 y 1.
- Determinar la magnitud, lo que implica:
  - Determinar la magnitud en unidades distintas, heterogéneas, inconmensurables, para cada impacto.
  - Estandarizar el valor de la magnitud entre 0 y 1, o lo que es lo mismo, transposición de esos valores a unidades homogéneas, comparables, adimensionales, de impacto ambiental. Esta operación requiere incorporar la percepción social para valorar el impacto.
- Calcular el valor de cada impacto a partir de la magnitud y la incidencia antes determinadas.
- Agregar los impactos parciales para totalizar valores correspondientes a niveles intermedios y general de los árboles de acciones o de factores.

## 2. SOFTWARE EIA09

### 2.1. Análisis / Diseño

El sistema desarrollado está diseñado en tres partes básicas: el modelo de datos, el motor de inferencia difusa, y la interfaz de usuario de la aplicación. Además, el modelo de datos y la interfaz se apoyan en otra parte emergente que contiene elementos útiles para la realización de las funcionalidades de ambas.

#### 2.1.1. Modelo de datos

Está constituido por el conjunto de elementos que modelan el comportamiento de un sistema de evaluación de impacto ambiental ajustado a los criterios teóricos anteriormente indicados.

Se han identificado los siguientes elementos básicos:

- Proyecto: modela un proyecto de evaluación ambiental específico, con su información relevante (descripción, fecha, autores...), con su conjunto de alternativas de realización consideradas, basadas en el árbol de factores ambientales considerado específicamente según tipo de proyecto.
- Factor ambiental: modela de forma medible, de qué manera se ve modificado o alterado un elemento ambiental por una determinada acción, lo que produce efectos/impactos sobre el medio.
- Acción sobre el medio: modela una acción que se efectúa sobre el medio ambiente, y modifica los factores ambientales analizados, pudiéndose producir efectos/impactos.
- Alternativa de realización: modela una alternativa de proyecto, contiene el listado de efectos/impactos ambientales, contruidos a partir de un árbol de acciones. A partir de la valoración individual de cada una de ellas se obtiene el valor total de la alternativa.
- Efecto ambiental: modelo un efecto sobre el medio, construido a partir de un factor y una acción ambiental. Presenta información relevante de su valoración atendiendo a los criterios designados, en caso de que el efecto sea considerado como impacto. Es medible en unidades heterogéneas.
- Valoración cuantitativa: modela la información relevante para la valoración de forma cuantitativa de un impacto ambiental.

- Valoración cualitativa: modela la información relevante para la valoración de forma cualitativa de un impacto ambiental.

### *2.12. Inferencia difusa*

Modela los motores de inferencia difusa para los casos considerados: la valoración por simple enjuiciamiento (decidir si un efecto es impacto o no) y la asignación del carácter de un impacto. La obtención de la implementación de dichos motores se realiza mediante la aplicación Xfuzzy.

### *2.1.3 Utilidades*

Esta parte de apoyo, ofrece a la vista y al modelo de datos soporte para la utilización de funcionalidades XML, así como de los tipos definidos necesarios para facilitar las distintas funciones: tipo de proyecto, carácter de impacto y valor por simple enjuiciamiento.

### *2.1.4 Vista de aplicación*

Parte que engloba la interfaz gráfica de usuario (GUI) para la utilización de la aplicación, según las funcionalidades desarrolladas en el modelo de datos.

## **2.2 Implementación**

El software EIA09 se ha modelado utilizando Java SE 6 de Sun Microsystems como lenguaje de implementación, sobre Eclipse Europa como entorno de desarrollo integrado.

La elección de dicho lenguaje de implementación es debida a la versatilidad y compatibilidad multiplataforma que ofrece Java. Además se ofrece bajo la licencia GNU GPL, es decir, software libre.

Además de las librerías estándar de dicha tecnología, se han utilizado otras para ampliar la funcionalidad del desarrollo. Entre estas tecnologías cabe destacar jfreechart, en su versión 1.0.11, utilizada para la obtención de representaciones gráficas de funciones, o JasperReports, para la obtención de reportes.

El sistema ha sido desarrollado según el siguiente diagrama (figura 1), en el que se pueden apreciar las partes del mismo, orientadas a la implementación realizada (packages), así como la relación entre las mismas.



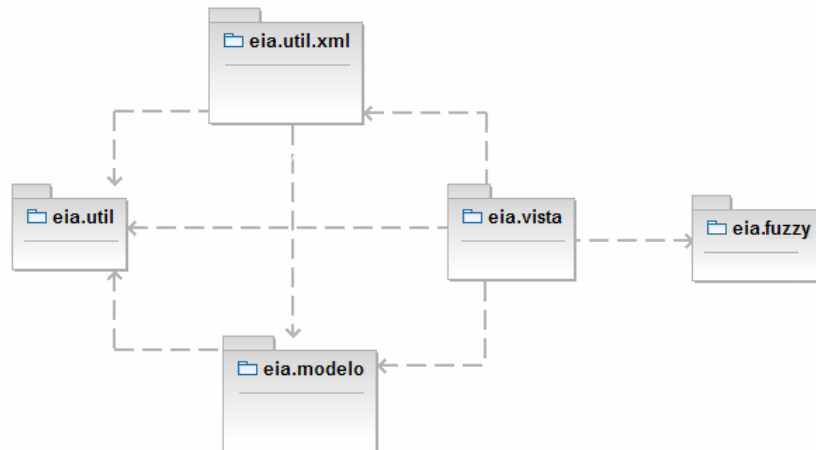


Figura 1: Diagrama implementación EIA09

A continuación se muestra el diagrama de clases simplificado del modelo de datos realizado (figura 2), en el que podemos ver las clases desarrolladas, sus atributos y las relaciones entre ellas.

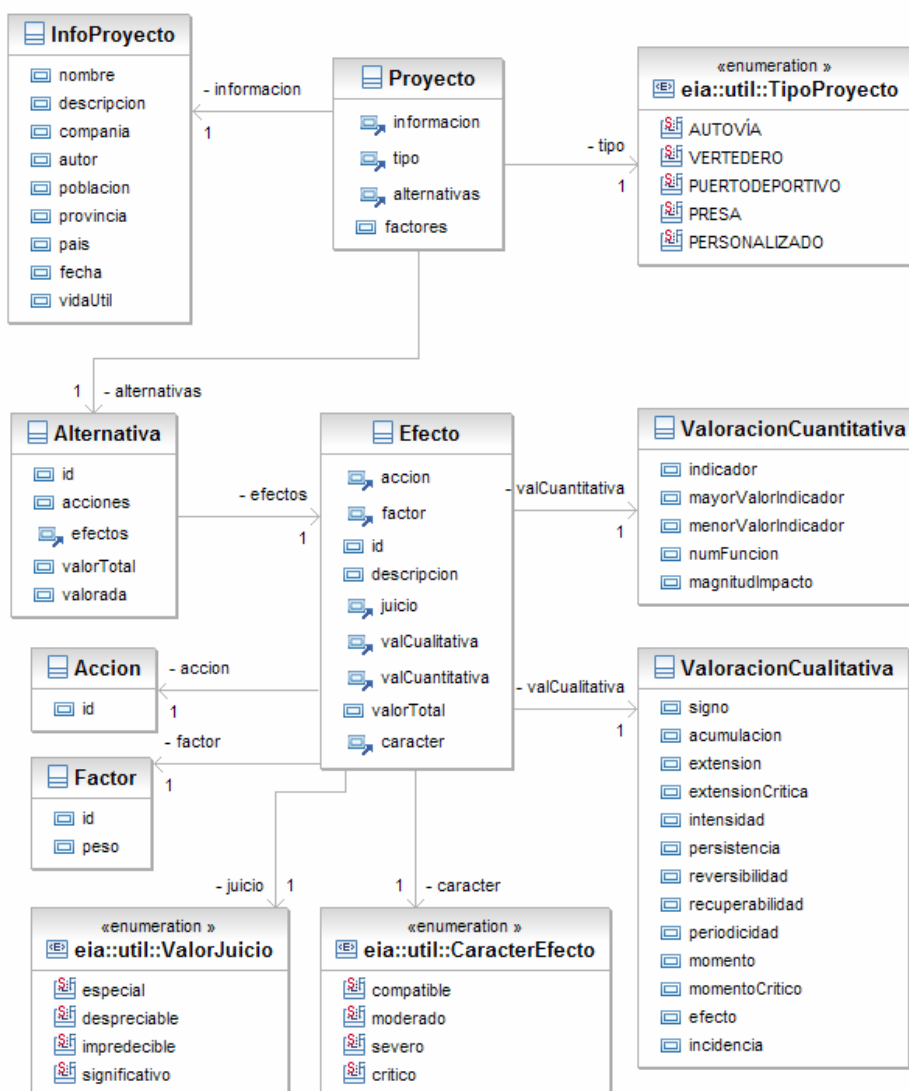


Figura 2: Diagrama de clases simplificado del modelo de datos

### 2.3 Descarga

El software EIA09 se puede descargar en la siguiente dirección:  
<http://www.fdi.ucm.es/profesor/lgarmend/eia09/>

#### 2.3.1 Requerimientos

Para ejecutar EIA09 se requiere la instalación previa de la tecnología Java de Sun Microsystems, en su versión 6, que se encuentra disponible en <http://www.java.com/es/download/>

#### 2.3.2 Versiones EIA09

La aplicación desarrollada se presenta en dos versiones:

- EIA09.1.0-bin.zip: comprimido que contiene la aplicación compilada y lista para su ejecución.

- EIA09.1.0-src.zip: comprimido que contiene el código fuente de la aplicación, compilada como proyecto JAVA importable en el entorno de desarrollo Eclipse. Se incluye además la documentación javaDoc con información detallada de la implementación seguida.

La primera versión está destinada para la utilización convencional de la aplicación, siendo la segunda versión válida para desarrolladores.

La aplicación puede ejecutarse mediante la apertura del fichero EIA09.1.0.jar, contenido en el comprimido EIA09.1.0-bin.zip.

### **3. INTERFAZ EIA09**

EIA09 presenta una interfaz sencilla y amigable, basada en una serie de ventanas anidadas, facilitando su interacción manteniendo el foco en la ventana en uso.

Existen tres pantallas principales:

- Ventana principal “EIA09”. Contiene la información global del proyecto (panel Descripción del proyecto) y el listado de alternativas de realización. Además consta de una barra de herramientas en la parte superior en la que se da acceso a las principales acciones que podemos realizar sobre el mismo.

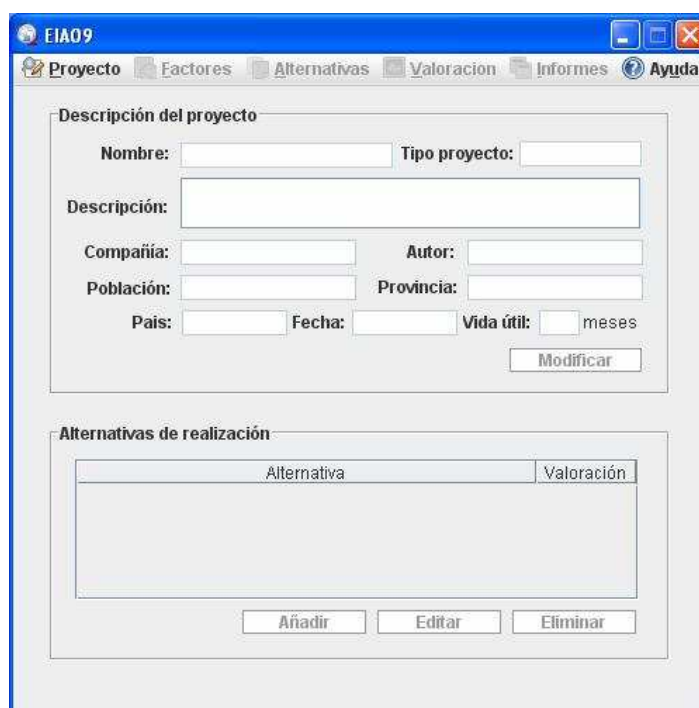


Figura 3: Ventana principal EIA09

- Ventana “Alternativas de realización”. Contiene la lista de acciones en la parte superior izquierda, la lista de factores en la parte superior derecha y la lista de efectos en la parte inferior.

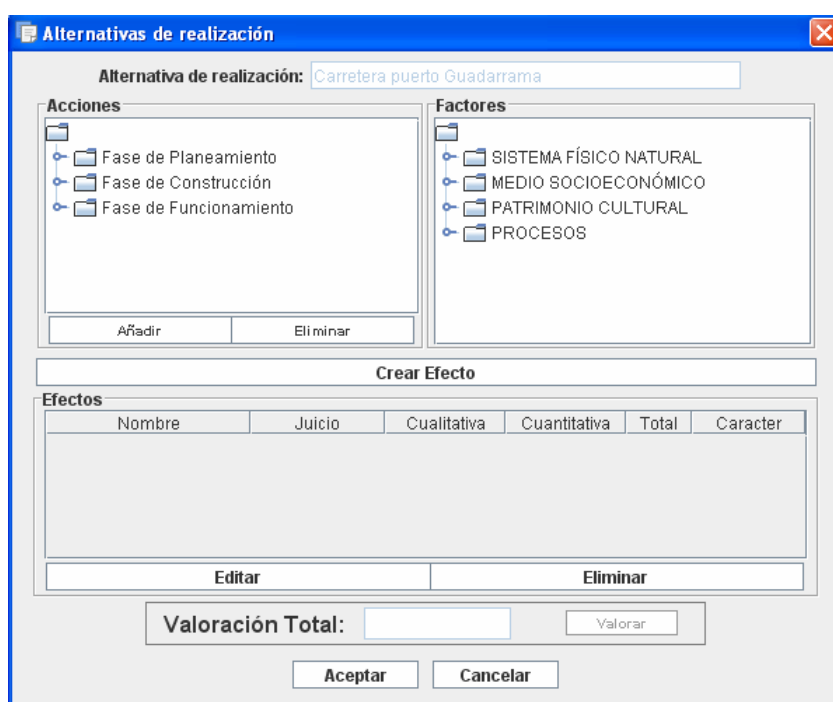


Figura 4: Ventana Alternativas de realización

- Ventana “Efecto”. Está compuesta por tres pestañas, en las que se facilitan las opciones de edición y valoración del efecto/impacto:

- i. Ficha general.
- ii. Valoración cualitativa.
- iii. Valoración cuantitativa.

The screenshot shows a software window titled "Efecto" with three tabs: "Ficha general", "Valoración cualitativa", and "Valoración cuantitativa". The "Ficha general" tab is selected. The window is divided into two main sections: "Información" and "Valoración".

**Información:**

- Efecto:** Contaminación de rios
- Acción:** Contaminaciones
- Factor:** Aguas superficiales
- Descripción:** Los coches pueden contaminar los rios

**Valoración:**

- Simple enjuiciamiento:** significativo (dropdown menu)
- Modificar:** button
- Valoración cualitativa:** empty input field
- Valoración cuantitativa:** empty input field

At the bottom of the "Valoración" section, there are two boxes:

- Valoración total:** empty input field
- Caracter:** compatible (dropdown menu) and Difuso (button)

At the bottom of the window, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 5: Ventana Efecto

## 4. EJEMPLOS DE USO

### 4.1 Impacto ambiental en una gravera

Se va a realizar una valoración cualitativa y una valoración cuantitativa a modo de ejemplo. La identificación de impactos es algo que se supone ya realizado por algún experto en la materia de la evaluación del impacto ambiental.

Tenemos a continuación una lista de tres impactos ya identificados que vamos a valorar cualitativa y cuantitativamente.

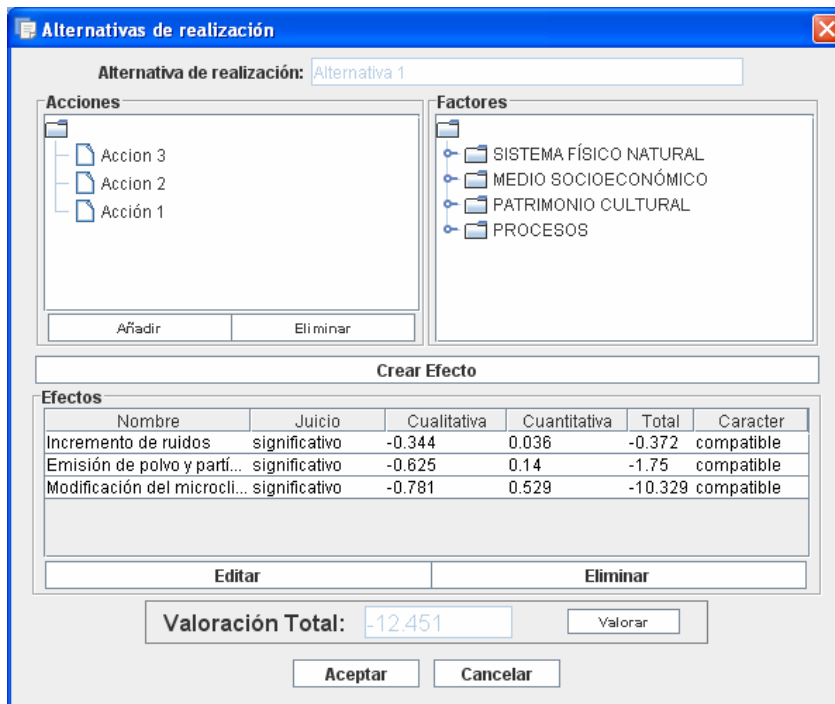


Figura 6: Edición de Alternativa 1

#### 4.1.1 Valoración cualitativa.

Para realizar una valoración cualitativa, pulsamos sobre el impacto que queremos estudiar y después pulsamos Editar. Nos aparece el siguiente cuadro de diálogo, donde tenemos que seleccionar la pestaña correspondiente a la valoración cualitativa.

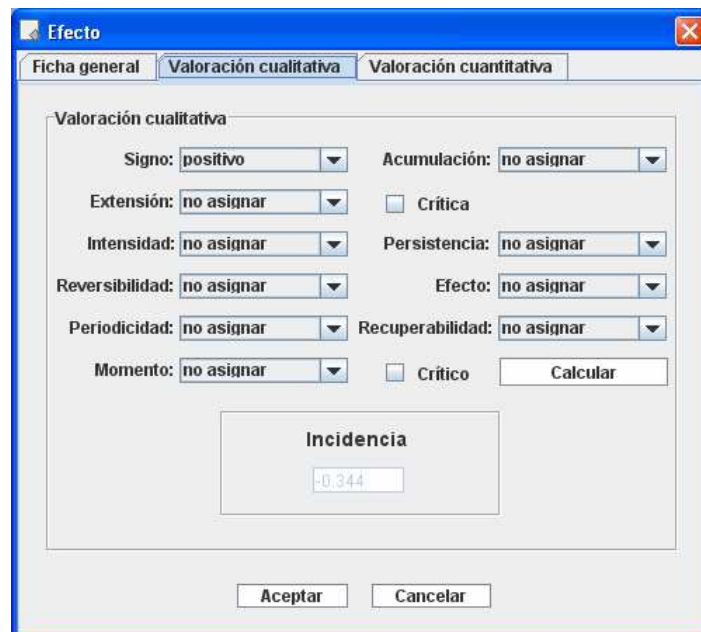


Figura 7: Ventana valoración cualitativa

Una vez aquí, debemos seleccionar cada parámetro. Para el efecto “Incremento de ruidos” hemos introducido los valores correspondientes para el signo, la acumulación, la extensión, intensidad, persistencia, reversibilidad y recuperabilidad.

Después pulsamos en calcular y se obtiene el valor -0.334 para ese impacto. Pulsamos en aceptar y comprobamos que el valor se guarda correctamente y aparece esta cifra en la columna correspondiente a la valoración cualitativa de la tabla donde aparecen todos los impactos.

#### 4.1.2 Valoración cuantitativa

Para realizar una valoración cuantitativa, pulsamos sobre el impacto que queremos estudiar y después pulsamos Editar. Nos aparece el siguiente cuadro de diálogo, donde tenemos que seleccionar la pestaña correspondiente a la valoración cuantitativa.

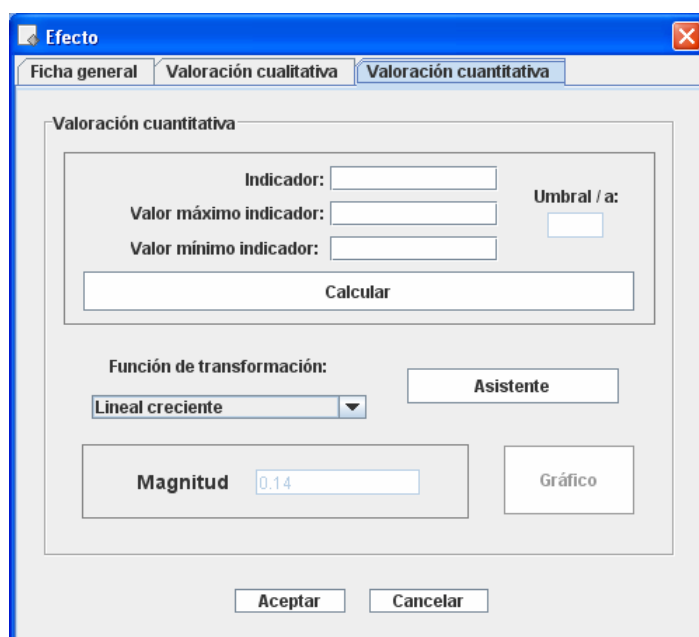


Figura 8: Ventana valoración cuantitativa

Para el primer impacto, hemos introducido los siguientes valores: para el indicador 435,2. Para el valor máximo de ese indicador 12035,2 y como valor mínimo el 0. Se usa una función lineal creciente y al pulsar Calcular obtenemos la magnitud 0.14.

## 4.2 Funciones de transformación

Ahora se muestran una serie de ejemplos que se centrarán en la valoración cuantitativa, utilizando las diferentes funciones de transformación que se han implementado en nuestro sistema.

Primero creamos un efecto para poder hacer la valoración. Se selecciona una acción y un factor, hemos escogido una acción de prueba y el factor “aguas superficiales”.

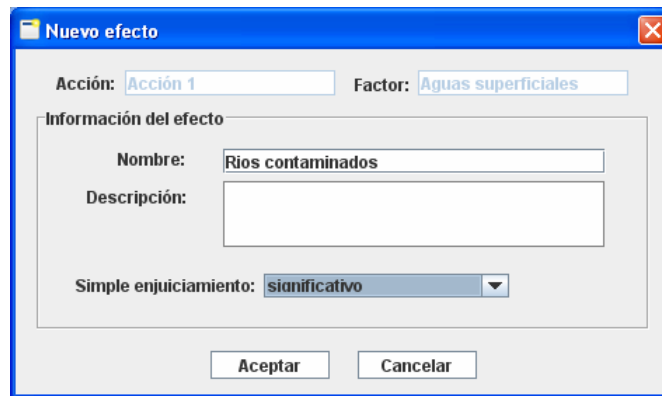


Figura 9: Creación de nuevo efecto

Una vez creado, pulsamos sobre el mismo y después sobre Editar para poder acceder a la valoración cuantitativa. Introducimos los parámetros:

- Indicador = 2.
- Máximo = 10.
- Mínimo = 0.

Para cada función de transformación obtenemos los siguientes resultados:

- Lineal creciente: 0.2
- Parábola creciente I: 0.36
- Parábola creciente II: 0.04
- Parabólica doble creciente I: 0.32
- Parabólica doble creciente II: 0.08



Ahora vamos a probar las funciones decrecientes. Para ello creamos otro impacto con los siguientes parámetros:

- Indicador = 7.
- Máximo = 10.
- Mínimo = 0.

Para cada función de transformación se obtienen los siguientes resultados:

- Lineal decreciente: 0.7
- Parabólica decreciente I: 0.09
- Parabólica decreciente II: 0.51
- Parabólica doble decreciente I: 0.42
- Parabólica doble decreciente II: 0.18

## **5. CONCLUSIONES**

Con la aplicación desarrollada se ha conseguido un software open-source para realizar evaluaciones de impacto ambiental de una amplia gama de proyectos de ingeniería, con una interfaz amigable y apta para los no iniciados en la temática.

La principal innovación se encuentra en la inclusión de elementos de inferencia mediante lógica borrosa, metodología de investigación actualmente en auge, que resultan de una gran ayuda para la estimación de ciertas características que presentan gran subjetividad y suponen complicaciones para los no expertos en la materia.

Además, se ha facilitado la muestra, recopilación e impresión de los datos obtenidos mediante la utilización de un sistema de reportes multiformato, que nos proporciona documentos claros e intuitivos, fácilmente interpretables.

Actualmente, el mercado del software dedicado a esta rama es muy pobre, existen pocas aplicaciones desarrolladas y con grandes divergencias en las metodologías usadas. Además, la mayoría de ellas, no presentan licencias gratuitas, lo que repercute negativamente en el uso docente de las mismas. La aplicación desarrollada, al ser gratuita y ampliable, cubre esta laguna, permitiéndose su uso en el ámbito docente, lo que contribuirá a la formación de futuros ingenieros.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] GARMENDIA SALVADOR, A; SALVADOR ALCAIDE, A; CRESPO SÁNCHEZ, C; GARMENDIA SALVADOR, L; Evaluación de Impacto Ambiental. 1ª Edición (2005). Prentice Hall: Pearson Education. ISBN: 84-205-4398-5. Pág: 366-368.
- [2] GOMEZ OREA, D; Evaluación de Impacto Ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. 2ª Edición (2002). Ediciones Mundi-Prensa. ISBN: 84-8476-084-7. Pág: xx-xx.
- [3] CONESA FERNÁNDEZ-VITORIA, V; Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 3ª Edición (2002). Ediciones Mundi-Prensa. ISBN: 84-7114-647-9. Pág: xx-xx.