



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

“Dr. Antonio Núñez Jiménez”.

Facultad de Metalurgia - Electromecánica

Moa, Holguín

Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental Minera

Trabajo de diploma presentado en opción al título de
Ingeniería en Informática

Autor: Ariel Montes de Oca Pérez.

Tutor: Lic. Yiezenia Rosario Ferrer.

Moa, Cuba
Junio, 2008

Declaración de autoría

Declaro que soy el único autor del presente Informe. Autorizo al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y a la Facultad de Metalurgia Electromecánica para que hagan el uso que consideren necesario.

Para que así conste firmo la presente a los _____ días del mes de _____ del 2008.

Ariel Montes de Oca Pérez.

Lic. Yiezenia Rosario Ferrer.

Pensamiento.

"He aquí resumido el Evangelio: Nuestro Señor Cristo Jesús, el verdadero Hijo de Dios, nos ha dado a conocer la voluntad de su Padre celestial y con su muerte inocente nos ha redimido y reconciliado con Dios.

Por eso es Cristo el único camino de salvación para todos los hombres que fueron, son y serán."

De: Ulrico Zwinglio,

Agradecimientos

Agradezco a Dios porque sin el nada de esto hubiese sido posible.

La tutoría y asesoría brindada por la Lic. Yiezenia Rosario Ferrer.

A la Dr. Darlines Sánchez Muñoz por darme la mano cuando más lo necesitaba.

A mis familiares y amigos por su FE, Amor, Confianza y Apoyo brindados.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, porque siempre creyeron en mi, y han estado siempre a mi lado.

A mis hermanos por su confianza y apoyo.

A Alicia Labrada Blanco y Gliserio González Frómeta que me alentaron de principio a fin.

A Anaysa Maceo Labrada que gracias a su amor he tenido fuerzas para llegar al final.

A Ana Lidia Leyva Abreu y Pedro Rodríguez Matos que han sido como unos padres para mi.

A todos aquellos hermanos en la FE que han estado orando e intercediendo por mí, en especial a mis pastores.

Resumen

Una ontología es una herramienta que permite alcanzar un entendimiento entre las partes que participan en un conocimiento común.

En el presente trabajo de diploma presenta una ontología que comprende los conceptos fundamentales involucrados en las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos mineros y su razonador.

La ontología fue desarrollada siguiendo metodología propuesta por la Universidad de Stanford [Noy-01] utilizando el editor Protégé.

La ontología EIA minera resultado de esta investigación, es un paso inicial en la formalización del conocimiento del área de evaluación de impacto ambiental minera y favorecerá el desarrollo de sistemas inteligentes en esta área.

Abstract

An ontology is an explicit specification of a conceptualization.

This diploma theses present an ontology about environmental impact assessment for mining projects, and also present a reasoner for it. The ontology was developed following the methodology proposed by Stanford Center for Biomedical Informatics Research and Knowledge Systems Laboratory for Stanford University , using the Protégé editor.

The ontology EIAMinera, obtained in this research, is the initial step in the formalization of knowledge of environmental impact assessment for mining projects, and it would be reutilized for develop intelligent systems in this area.

Índice

Introducción.....	10
Capítulo 1 Fundamentos.....	13
1.1 ¿Qué es una ontología?.....	14
1.2 ¿Por qué desarrollar Ontologías?.....	15
1.3 Componentes de una Ontología.....	17
1.4 Principios de diseño de ontologías.....	18
1.5 Tipos de ontologías.....	19
1.6 Proceso para desarrollar Ontologías.....	22
1.6.1 Consideraciones básicas en el desarrollo de ontologías.....	22
1.6.2 Esquema metodológico para construir ontologías de Uschold & Gruninger [Usc-96]....	24
1.6.3 Methontology.....	25
1.6.4 Método para construir ontologías según Nianbin & Xiaofei.....	27
1.6.5 Una guía para crear ontologías de la Universidad de Stanford [Noy-01].....	28
1.7 Lenguajes de especificación de ontologías.....	29
1.8 Editores para construcción de Ontologías.....	34
1.9 Algunos ejemplos de ontologías.....	36
1.9.1 Ontología de conocimiento enciclopédico [Mar-01].....	36
1.9.2 Ontología para la administración de contenido educativo en la WEB [Sil-03].....	37
1.9.3 Ontologías desarrolladas por STARLab [Sta-03].....	37
1.9.4 Ontología para mejorar los sistemas de bases de datos de terrorismo [Gru-03]:.....	38
1.10 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).....	38
1.10.1 Modelo general de estudios de Impacto Ambiental.....	39
1.10.2 Valoración cualitativa.....	39
1.10.3 Valoración cuantitativa.....	41
Capítulo 2 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ONTOLOGÍA.....	43
2.2. Preguntas de competencia.....	44
2.3. Considerar el uso de ontologías existentes.....	45
2.4. Enumerar los términos importantes de la ontología.....	46
2.5. Definir las clases y la jerarquía de clases.....	47
2.6. Definir las propiedades de las clases.....	55
2.7. Definir las restricciones de las propiedades.....	57
2.8. Crear instancias.....	58

Capítulo 3 LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ONTOLOGÍA	72
3.1 Ontología EIA Minera en Protégé.....	73
3.1.1 Características generales de Protégé.....	73
3.1.2 Implementación de la ontología en Protégé.....	73
3.2 Archivos que se generan y cómo se utilizan.....	83
3.3 Implementación del razonador en CLIPS.....	83
3.3.1 Preguntas de competencia.....	83
3.3.2 Características generales de CLIPS.....	84
3.3.3 Funciones del Clips utilizadas para la implementación del razonador.....	86
3.4 Principios del funcionamiento del razonador.....	88
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	96
Bibliografías.....	96
Anexos.....	99

Introducción

La actividad humana produce sobre la naturaleza un impacto, generalmente agresivo, que en muchas ocasiones la naturaleza no es capaz de asimilar, produciéndose un deterioro permanente que afecta de diversas formas a los seres vivos que comparten el entorno donde se producen estas actividades.

Para paliar estos efectos y corregirlos en la medida de lo posible, se realiza, previo a la ejecución de muchas actividades consideradas potencialmente agresivas, un estudio del impacto que dichas actividades producen sobre el entorno. Estos estudios tienen como objetivo último, mantener un equilibrio entre la necesaria conservación del entorno natural y el también necesario desarrollo de la actividad humana, en lo que actualmente se ha dado por llamar “desarrollo sostenible”. La información entregada, como resultado de un estudio de impacto ambiental, debe llevar a conclusiones sobre los impactos que puede producir sobre su entorno la instalación y desarrollo de un proyecto, establecer las medidas para mitigarlos y seguirlos, y en general, proponer toda reducción o eliminación de su nivel de significancia.

El impacto ambiental se produce si una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el entorno (Medio Ambiente) o en alguno de sus componentes. Esta acción puede ser de un proyecto de ingeniería, una actividad industrial, un programa, un plan, una ley o disposición administrativa, etc., con implicaciones ambientales.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se ha convertido en un proceso jurídico-administrativo para identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, y adicionalmente, considerar medidas de valoración, prevención y corrección de estos efectos impactantes.

Sin duda, una de las actividades que producen un impacto importante sobre el entorno, es la minería.

Resulta innegable la importancia de las EIAs como proceso de la gestión ambiental, la cual ha sido probada a lo largo de años de aplicación. Es por ello que han surgido

en los últimos años herramientas informáticas que automatizan este proceso o partes esenciales del mismo. Sin embargo, la información que manejan los distintos sistemas es muy diversa y la mayoría de las veces resulta muy complejo el intercambio de información entre los mismos. Igualmente, expertos ambientales de distintas instituciones o de diferente formación profesional (por ejemplo, mineros, geólogos, biólogos, etc.) se refieren al mismo elemento o término de manera diferente.

Por estas razones resultaría de singular importancia formalizar el conocimiento referente a este tema, con el objetivo de lograr un lenguaje común, comprensible y unificado que permita un intercambio de información eficaz.

Teniendo en cuenta las características de nuestro territorio, una zona minera, y el naciente desarrollo de sistemas inteligentes en nuestra universidad orientados a las evaluaciones de impacto ambiental, se plantea iniciar esta formalización del dominio de las EIAs para las EIAs mineras.

Para el desarrollo de esta investigación se plantea como **problema** la inexistencia de una especificación formalizada del dominio de las evaluaciones de impacto ambientales para la minería.

Después de una extensa búsqueda, no se ha encontrado ninguna referencia concreta de que se esté trabajando en este tema. Existen ontologías específicas para áreas de la ciencia (Geología, Minería, etc.), igualmente existe una ontología de procesos y servicios (UNSPSC, www.unspsc.org) que contiene los procesos principales relacionados con la gestión ambiental.

La presente investigación tiene como **objeto de estudio** la representación del conocimiento.

El **objetivo general** de este trabajo de diploma es el desarrollo de una ontología que comprenda los conceptos fundamentales involucrados en las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos mineros.

De acuerdo a este se plantean los **objetivos específicos** siguientes:

- Definición de la estructura conceptual de la Ontología EIA Minera.
- Implementación de la ontología EIA Minera en Protégé.
- Implementación del razonador en Clips.

A partir del problema planteado, el objeto de estudio y los objetivos propuestos, se establece el **campo de acción** siguiente: desarrollo de ontologías de dominio.

El presente trabajo de investigación se sustenta en la **idea a defender** siguiente: el desarrollo de una ontología del dominio de las EIAs mineras permitirá contar con una conceptualización de este dominio lo cual permitirá la reutilización potencial de la misma.

Para cumplir los objetivos y resolver la situación problemática presentada, se ejecutaron las siguientes tareas:

- Revisar bibliografía de la teoría y la tecnología referente al desarrollo de ontologías.
- Estructural conceptualmente la ontología EIA minera.
- Implementar la ontología y el razonador.

La presente memoria se estructura de la siguiente manera introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía, anexos:

Capítulo I. Fundamentos. En este capítulo se expone la definición de Ontología, así como conceptos y características fundamentales relacionados con ella. Se define además el proceso de Evaluación Impacto Ambiental, y se describe el mismo.

Capítulo 2: Diseño conceptual de la ontología. En este capítulo se propone el diseño conceptual de la Ontología Evaluación de impacto ambiental Minero.

Capítulo 3: La implementación de la ontología. En este capítulo expone toda información relacionada con la implementación de la ontología.

Capítulo 1 Fundamentos.

En la actualidad, coexisten dos usos diferenciados del término **Ontología**, que corresponden a dos ramas del saber diferentes y, por tanto, le atribuyen características y propiedades distintas. El término ontología se origina en el campo de la filosofía y la epistemología. Como ciencia, la Ontología es una rama de la metafísica que se ocupa del estudio de la naturaleza de la existencia, de los seres y de sus propiedades transcendentales; en filosofía, por tanto, una ontología se considera como una explicación sistemática de la Existencia derivado de su significado original. Aunque con un entendimiento mucho más pragmático y aplicado, el término ontología se usa en el ámbito de la ingeniería del conocimiento para referirse a un conjunto de conceptos organizados jerárquicamente, representados en algún sistema informático, cuya utilidad es la de servir de soporte a diversas aplicaciones que requieren de conocimiento específico sobre la materia que la ontología representa.

La Ingeniería del Conocimiento se ha relacionado con el desarrollo de sistemas de software por computador en el cual el conocimiento y el razonamiento juegan un papel primordial. Sin embargo, recientemente el alcance de sus técnicas se ha ampliado para ser usadas en la gerencia del conocimiento, la modelación de empresas y los procesos de reingeniería del negocio.

Como disciplina, dirige la tarea de construir sistemas inteligentes proporcionando las herramientas y los métodos que soportan el desarrollo de ellos. En esta tarea se involucra la obtención de conocimiento, la familiarización con el dominio, el análisis y el diseño de la solución, y la validación del conocimiento hasta que el conocimiento acumulado de un dominio sea traducido en un código probado y refinado.

Los sistemas del conocimiento se refieren a programas de computador que son basados en el conocimiento que es accesible al promedio de profesionales de un campo dado. Estos son los descendientes más importantes desde el punto de vista industrial y comercial de la Inteligencia Artificial. En la actualidad se usan en todas partes del mundo y en cualquier variedad de casos.

1.1 ¿Qué es una ontología?

La ontología como herramienta permite alcanzar un entendimiento entre las partes (usuarios, desarrolladores, programas) que participan en un conocimiento común. Las modernas ontologías de conceptos se basan en mayor o menor medida en un modelo de marcos.

En las aplicaciones reales, una ontología es una entidad computacional, y no ha de ser considerada como una entidad natural que se descubre, sino como recurso artificial que se crea [Mahesh, 96].

Una ontología ha de entenderse como un entendimiento común y compartido de un dominio, que puede comunicarse entre científicos y sistemas computacionales. Ésta última característica, el hecho de que puedan compartirse y reutilizarse en aplicaciones diferentes, explica en parte el gran interés suscitado en los últimos años en la creación e integración de ontologías [Steve, 1998 a, b].

El sinónimo más usual de ontología es conceptualización. Según la definición de [Gruber ,93], una ontología constituye " una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida". En esta definición, convertida ya en estándar, conceptualización se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno del mundo del que se identifican los conceptos que son relevantes, que puede ser visto como un conjunto de reglas informales que restringen su estructura. Por lo general se expresa como un conjunto de conceptos (entidades, atributos, procesos), sus definiciones e interrelaciones [Sch-96-1]; explícito hace referencia a la necesidad de especificar de forma consciente los distintos conceptos que conforman una ontología y las restricciones sobre ellos; formal indica que la especificación debe representarse por medio de un lenguaje de representación formalizado o sea es la teórica de términos y relaciones usados como herramienta para el análisis de los conceptos de un dominio y compartida refleja que una ontología debe, capturar el conocimiento consensual que es aceptado por una comunidad (como mínimo, por el grupo de personas que deben usarla).

Una definición más concreta de ontología la ofrece [Weigand ,97]:

Una ontología es una base de datos donde se describen conceptos del mundo o algún dominio en específico, sus propiedades y como se relacionan los conceptos entre sí.

Por tanto, aunque en filosofía una ontología es una explicación sistemática de la Existencia, en los sistemas basados en el conocimiento, lo que existe es exactamente lo que se puede representar, y lo que se representa, mediante un formalismo declarativo, se conoce con el nombre de Universo de Discurso. El Universo de Discurso de una ontología es el conjunto de objetos que están representados en ella y sobre los cuales se puede hablar y razonar.

Cuando hablamos de ontologías como "sistemas de representación de conocimiento" debemos especificar a qué tipo de sistemas nos referimos. En realidad, las ontologías se están empleando en todo tipo de aplicaciones informáticas en las que sea necesario definir concretamente el conjunto de entidades relevantes en el campo de aplicación determinado, así como las interacciones entre las mismas. Algunas ontologías se crean con el mero objetivo de alcanzar una comprensión del Universo de Discurso pertinente, ya que su creación impone una especificación muy detallada.

Otras ontologías han sido creadas con un propósito general, que están orientadas a la construcción de una base de conocimiento que contenga el conocimiento humano necesario para hacer inferencias.

1.2 ¿Por qué desarrollar Ontologías?

El objetivo que se pretende alcanzar al desarrollar una ontología es estudiar las entidades que existen o pueden existir en un dominio de interés. El producto que genera una ontología es un catálogo de tipos de entidades.

Algunas de las principales razones que se tienen para desarrollar ontologías son las siguientes:

- **Compartir entendimiento común de la estructura del conocimiento, entre personas o agentes de software.** La ontología pone a disposición de los miembros de una comunidad los términos y conceptos del dominio de interés, lo cual permitirá a las personas o agentes de software extraer y agregar información según sus necesidades.
- **Permitir reutilizar el dominio de conocimiento.** Es posible que muchos dominios hagan uso de un conocimiento específico, si este conocimiento está constituido en una ontología podrá ser reutilizado por aquellos individuos que la necesiten sin necesidad de desarrollar una ontología propia.
- **Permitir separar conocimiento de dominio del conocimiento operacional.** Una ontología expresa el conocimiento del dominio de manera general de forma tal que pueda ser utilizado y manipulado por diversas técnicas o algoritmos.
- **Analizar el dominio de conocimiento.** Esto es posible una vez que se tiene una especificación declarativa de los conceptos del dominio.

Las razones expuestas anteriormente justifican los avances que se han dado en el desarrollo de ontologías en diferentes dominios de aplicación, pero algunas veces una ontología no alcanza las metas por sí misma, ya que por lo general, el conocimiento que almacenan, comparten y reutilizan tiende a ser estático.

Por otro lado los métodos de resolución de problemas (MRP), como los utilizados en minería de datos, tratan dinámicamente el conocimiento, mediante mecanismos de inferencia y razonamiento.

Es así como la asociación de ontologías con MRP, constituye una alternativa poderosa en la construcción de sistemas basados en conocimiento, ya que la ontología proporcionara el entendimiento común y compartido acerca del dominio y los MRP se encargan de describir el proceso de razonamiento del sistema [Cec-01].

Las tendencias actuales apuntan hacia la construcción de ontologías que incorporen capacidades de razonamiento.

1.3 Componentes de una Ontología.

Los componentes de una ontología varían según el dominio de interés y las necesidades de los desarrolladores. En esta sección se presentan los componentes de ontologías que resultaron comunes en la revisión bibliográfica realizada [Noy-01], [Cec-01], [Sow-01], [Sow-03], [Far-04].

- **Axioma:** Elementos que permiten la modelación de verdades que se cumplen siempre en la realidad. Los axiomas pueden ser estructurales y/o no estructurales.
 - ✓ Un axioma estructural establece condiciones relacionadas con la jerarquía de la ontología, conceptos y atributos definidos. Ejemplo: El Concepto A no es una clase de A.
 - ✓ Un axioma no estructural establece relaciones entre atributos de un concepto y son específicos de un dominio. Ejemplo: La relación $F=m*a$, que debe cumplirse siempre entre los atributos F (fuerza), m (masa) y a (aceleración) de un determinado concepto.

Normalmente se usan para representar conocimiento que no puede ser formalmente definido por los demás componentes. Además también se usan para verificar la consistencia de la propia ontología.

- **Clase o Tipo:** Una clase es un conjunto de objetos (físicos, tareas, funciones, etc.). Cada objeto en una clase es una instancia de esa clase. Desde el punto de vista de la lógica los objetos de una clase se pueden describir especificando las propiedades que éstos deben satisfacer para pertenecer a esa clase. Las clases son la base de la descripción del conocimiento en las ontologías ya que describen los conceptos del dominio.

Una clase puede ser dividida en subclases, las cuales representarán conceptos más específicos que la clase a la que pertenecen. Una clase cuyos componentes son clases, se denomina superclase o metaclass.

- **Instancias o individuos:** Son objetos, miembros de una clase, que no pueden ser divididos sin perder su estructura y características funcionales. Pueden ser agrupados en clases.
- **Relaciones:** Se establecen entre conceptos de una ontología para representar las interacciones entre estos. Definidas por lo general como el producto cartesiano de n conjuntos: $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$. Algunas de las relaciones más utilizadas son:
 - ✓ Instancia-de: Mapea objetos a clases
 - ✓ Relaciones Temporales: Implican precedencia en el tiempo
 - ✓ Relaciones topológicas: Conexiones espaciales entre conceptos
- **Propiedades o Slots:** Los objetos se describen por medio de un conjunto de características o atributos que son almacenados en los *slots*. Estos almacenan diferentes clases de valores. Las especificaciones, rangos y restricciones sobre estos valores se denominan *facets*. Para una clase dada, los *slots* y las restricciones sobre ellos son heredados por las subclases y las instancias de la clase.
- **Funciones:** Son casos especiales de relaciones donde se identifican elementos mediante el cálculo de una función, $F: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \rightarrow C_n$. Por ejemplo, *Madre_de: Persona → Mujer*, *Precio_coche_usado: Modelo x Año x Kilómetros → Precio*. Siguiendo con el ejemplo, veamos la función *Paga* que calcula el precio de una habitación después de aplicar un descuento.

1.4 Principios de diseño de ontologías.

Los desarrolladores de ontologías suelen iniciar sus diseños a partir de ontologías limitadas o micromundos, los cuales contienen una cantidad limitada de conceptos que soporta una aplicación simple.

Los principios de diseño a considerar son los siguiente [Cec-01], [Usc-96], [Med-03]:

- **Claridad:** Una ontología debe definir los conceptos en forma clara y objetiva, utilizando lenguaje natural para evitar ambigüedades.
- **Coherencia:** Una ontología debe garantizar que todas las inferencias derivadas a partir de ésta, sean consistentes con los axiomas.
- **Compleitud:** Los conceptos deben ser expresados en términos necesarios y suficientes.
- **Extensible:** Deberá ser capaz de garantizar la definición de nuevos términos usando el vocabulario
- **Máxima extensibilidad monótona:** Deberá ser posible incluir en la ontología especializaciones o generalizaciones, sin requerir una revisión de las definiciones existentes.
- **Principio de distinción ontológica:** Las clases de la ontología con diferente criterio de identidad, deberán ser disjuntas.
- **Diversificación de las jerarquías:** Esto con la finalidad de aumentar la potencia de los mecanismos de herencia múltiples.
- **Estandarización:** Siempre que sea posible los nombre asignados deberán ser estándar.
- **Minimización de la distancia semántica:** Conceptos similares deberán ser agrupados y representados utilizando las mismas primitivas.

Un diseño ontológico ideal debería cumplir con todas estos criterios, pero la realidad es otra y no siempre es posible.

1.5 Tipos de ontologías

Las organizaciones que desarrollan ontologías se esfuerzan cada vez más en la disminución de los costos y en el aumento de los beneficios que éstas proporcionan. Para alcanzar esta meta se requiere tener un entendimiento preciso del contexto de aplicación. En esta sección se presenta un esquema de clasificación de aplicaciones ontológicas que da a los desarrolladores lineamientos específicos sobre cómo deben usar las ontologías para alcanzar provecho en un contexto dado [Jas-99].

Existen tres dimensiones sobre las cuales varían los tipos de ontologías [Usc-96-1]:

- **Formalidad**, para referirse al grado de formalismo del lenguaje usado para expresar la conceptualización.
- **Propósito**, para referirse a la intención de uso de la ontología y
- **Materia**, para expresar la naturaleza de los objetos que la ontología caracteriza.

Formalidad

Los tipos de ontologías según el grado de formalidad del lenguaje usado, son los siguientes:

- *Ontología altamente informal*: expresada en lenguaje natural (Glosario de términos).
- *Ontología informal estructurada*: Utiliza lenguaje natural estructurado y restringido, que permite reducción de la ambigüedad.
- *Ontología semi-formal*: Usa un lenguaje de definición formal, como ontolingua.
- *Ontología rigurosamente formal*: La definición de términos se lleva a cabo de manera meticulosa usando semántica formal y teoremas (TOVE).

Propósito

Los tipos de ontologías según el propósito o uso que se les vaya a dar son las siguientes:

- *Ontologías para comunicación entre personas:* Una ontología informal puede ser suficiente.
- *Ontologías para inter-operabilidad entre sistemas:* Para llevar a cabo traducciones entre diferentes métodos, lenguajes, software, etc. En estos casos la ontología se usa como un formato de intercambio de conocimiento.
- *Ontologías para beneficiar la ingeniería de sistemas:* Cuando las ontologías benefician las aplicaciones de software apoyando aspectos como la reutilización de componentes de sistemas en un dominio de interés, facilitando la adquisición de conocimiento y aumentando la fiabilidad de los sistemas al proporcionar consistencia en el conocimiento utilizado.

Materia

Según los objetos o problemas que se caractericen en las ontologías, éstas pueden ser:

- *Ontologías de dominio:* Caracterizan objetos específicos, tales como medicina, finanzas, química, biología, etc.
- *Ontologías para resolver problemas:* Conceptualizan el problema o tarea a resolver en un dominio.
- *Meta-Ontologías:* El objeto que se caracteriza es un lenguaje de representación de conocimiento.

Hay otras posibles clasificaciones de ontologías atendiendo a diversos criterios, una de ellas podría hacerse atendiendo a su alcance de aplicabilidad, es decir a como sean de generales las ontologías que se definan. Según este criterio, se pueden distinguir los siguientes tipos de ontologías:

- **Ontologías de dominio:** Estas ontologías son específicas para un dominio en concreto. Por ejemplo, una ontología en el dominio de los Sistemas de Información Geográfica.
- **Ontologías de tareas:** Estas ontologías representan las tareas que son susceptibles de realizar en un dominio en concreto.
- **Ontologías Generales:** Van a representar los datos generales y no específicos de un dominio. Por ejemplo, ontologías sobre el tiempo, el espacio, espaciotemporales, ontologías de casualidad, de conducta, etc.

1.6 Proceso para desarrollar Ontologías.

El desarrollo de una ontología, es un proceso altamente complejo que requiere y consume tiempo. Por lo general los grupos que llevan adelante desarrollos ontológicos siguen sus propios principios, criterios, reglas o métodos, muchas veces dependiendo del tipo de ontología a desarrollar o de una situación particular. Ante esta diversidad de directrices o guías, son cada vez más las propuestas de métodos de desarrollo y construcción que se reportan en la literatura, que tienen por finalidad proporcionar a la comunidad de desarrolladores de un procedimiento de aceptación común, ampliamente validado y verificado, que garantice la consecución de un producto exitoso.

En esta sección se presentan algunos métodos de desarrollo de ontologías muy usados y referenciados.

1.6.1 Consideraciones básicas en el desarrollo de ontologías.

El proceso de construir una ontología no difiere mucho, en líneas generales, del usado para construir software. Según la definición dada por la IEEE [Fer-99-1], un software es un “programa de computación, procedimientos y documentación asociada, además de los datos para que se ejecute”. Las ontologías son productos de software y por lo tanto su desarrollo deberá seguir los estándares establecidos para desarrollar software, por supuesto, adaptados a las características de las ontologías.

En [Fip-01] y [Fer-99-1], se identifican las actividades del proceso de desarrollo de software de la IEEE adaptadas al proceso de desarrollo de ontologías como sigue:

- Actividades de administración de proyecto:

<i>Actividad</i>	<i>Objetivo</i>
Planificación	Identificar las tareas a realizar y los recursos disponibles, tales como, software, hardware, humanos, etc.
Control	Especificar los mecanismos para garantizar que las tareas se realicen según lo planificado.
Calidad	Especificar los estándares de calidad que deberán cumplir las tareas realizadas.

- Actividades de Desarrollo:

<i>Actividad</i>	<i>Objetivo</i>
Especificación	Realizar un documento que contenga información referente a: usuarios finales de la ontología, propósito, alcance, metas y grado de formalidad.
Conceptualización	Construir un modelo conceptual que describa el problema y su posible solución.
Formalización	Transformar el modelo conceptual en un modelo “semi-computable”, utilizando representaciones lógicas, grafos conceptuales, esquemas, etc.
Integración	Integrar ontologías existentes para garantizar la reutilización del conocimiento.
Implantación	Codificar la ontología en un lenguaje formal.
Mantenimiento	Actualizar la ontología cuando sea necesario.

- Actividades de Integración:

<i>Actividad</i>	<i>Objetivo</i>
Adquisición de conocimiento	Adquirir conocimiento mediante la aplicación de técnicas apropiadas.
Evaluación	Evaluar la ontología.
Documentación	Documentar apropiadamente la ontología, para garantizar el éxito al ser compartida y reutilizada.

Al desarrollar ontologías es importante considerar las siguientes reglas básicas [Noy-01]:

- No existe una manera única y correcta de modelar un dominio.
- El desarrollo ontológico es un proceso iterativo
- Los conceptos de la ontología deberán reflejar lo más fielmente posible a los objetos y relaciones del dominio.

1.6.2 Esquema metodológico para construir ontologías de Uschold & Gruninger [Usc-96].

Este esquema metodológico propuesto por Uschold, constituye la base de muchos métodos propuestos y usados en la actualidad. El esquema está constituido por cuatro pasos y considera además un conjunto de guías o recomendaciones de diseño que se deben tener presentes en cada paso del método.

Paso 1. Identificar propósito y alcance

Señalar claramente el propósito para el cual se construirá la ontología y el alcance de la misma.

Paso 2. Construir la ontología

Este paso considera tres aspectos que son necesarios para llevar adelante la construcción de la ontología, como son:

- *Captura*: Identificar conceptos claves y sus relaciones en el dominio. (el autor propone un esquema intermedio para ejecutar esta identificación que va desde el concepto más general al más particular, y obtener el resto de la jerarquía generalizando y especializando).
- *Codificación*: Representar en lenguaje formal la conceptualización capturada en el estado anterior.
- *Integración*: Examinar ontologías existentes y verificar si pueden ser integradas a la que se está construyendo.

Paso 3. Evaluar

Hacer un juicio técnico a la ontología considerando la conceptualización, el ambiente, el software y la documentación, con respecto a una referencia. Esta referencia puede ser: requerimientos de especificación, preguntas de competencias y/o el mundo real.

Paso 4. Documentar

Documentar adecuadamente el conocimiento expresado en la ontología, para así garantizar que sea apropiadamente compartido y reutilizado

1.6.3 Methontology.

Esta metodología fue desarrollada en el laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Madrid. Permite la construcción de ontologías a nivel de conocimiento e incluye la identificación del proceso de desarrollo de la ontología, un ciclo de vida basado en la evolución de prototipos y técnicas particulares a usar en cada paso [Fer-99-1], [Fer-99]. Los pasos de la metodología son los siguientes:

Paso 1. Especificación

Desarrollar un documento que contenga la meta de la ontología, nivel de granularidad, alcance, propósito, etc. Identificar los términos a ser representados, sus características y relaciones.

Paso 2. Conceptualización.

Organizar el conjunto de términos y sus características en una representación intermedia que el desarrollador de la ontología y los expertos puedan entender. En este paso se construye un glosario de términos, diagramas de relaciones binarias, diccionario de conceptos, tablas de atributos instancias, tablas de atributos clases, tabla de axiomas lógicos, tablas de constantes, tablas de instancias.

Paso 3. Adquisición de conocimiento.

Este paso se lleva a cabo de manera independiente en la metodología y su ejecución puede coincidir con otros pasos. Por lo general la adquisición de conocimiento se realiza en tres etapas: reuniones preliminares con los expertos, análisis y revisión de la bibliografía asociada al dominio y una vez que se tiene un conocimiento base se refina y detalla el conocimiento hasta completar la ontología.

Paso 4. Integración

Identificar ontologías candidatas que puedan ser reutilizadas en la ontología que se está construyendo e incorporar aquellas piezas de conocimiento que sean de utilidad.

Paso 5. Implantación.

Consiste en la codificación del modelo conceptual en un modelo codificado en lenguaje ontolingua. La traducción a ontolingua es llevada a cabo por el software ODE (Ontology Design Environment) [Cec-01].

Paso 6. Evaluación.

Realizar un juicio técnico a la ontología, al ambiente de software asociado y a la documentación con respecto a un esquema de referencia en cada paso de la metodología. El esquema de referencia puede ser: requerimientos de especificación, preguntas de competencias y/o el mundo real

Paso 7. Documentación

Detallar clara y exhaustivamente cada paso completado y los productos generados [Fer-99-1].

Methontology proporciona un ambiente agradable para adquirir conocimiento, a personas que no están familiarizadas con este proceso, además permite la construcción de modelos de conocimiento de manera efectiva y su posterior validación.

A diferencia de los métodos descritos anteriormente, que proponen la codificación del conocimiento en lenguaje formal, Methontology sugiere que sea expresado mediante un conjunto de representaciones intermedias.

1.6.4 Método para construir ontologías según Nianbin & Xiaofei.

Este método [Nia-00] considera que la construcción de una ontología se lleva a cabo en cuatro pasos, tomando como base la propuesta de Uschold [Usc-96] de un esqueleto o guía metodológica:

Paso 1. Análisis del dominio y cadenas de conocimiento.

Adquirir y clasificar los aspectos de conocimiento más importantes en el dominio.

Paso 2. Estructurar la ontología.

Construir la estructura de la ontología según las cadenas de conocimiento, lo cual considera: identificación de conceptos del dominio, identificación de atributos para los conceptos y valores relacionados.

Paso 3. Formalización de la ontología.

Formalizar la ontología utilizando un lenguaje como KIF, Ontolingua, KQML, etc.

Paso 4. Evaluación de la ontología.

Evaluar el rendimiento de la ontología con la finalidad de mejorarla y corregirla de ser necesario.

1.6.5 Una guía para crear ontologías de la Universidad de Stanford [Noy-01]

Esta guía desarrollada en la Universidad de Stanford está compuesta de siete pasos:

Paso 1. *Determinar el dominio y alcance de la ontología.*

Definir el dominio y el alcance de la ontología, respondiendo preguntas como, ¿Cuál es el dominio que la ontología cubrirá? ¿Para qué se desarrolla la ontología? ¿Quién usará la ontología?, ¿Qué tipo de información proporcionará la ontología?

Paso 2. *Considerar reutilizar ontologías existentes.*

Chequear si es posible usar y extender fuentes de conocimientos ya existentes, y que puedan ser de utilidad para el dominio del problema.

Paso 3. *Enumerar términos importantes en la ontología.*

Elaborar una lista de los términos proporcionados por el usuario, indicando propiedades de cada uno. El contenido de la lista debe ser preciso y carente de ambigüedades.

Paso 4. *Definir clases y jerarquías de clases.*

De la lista creada en el paso 3, seleccionar aquellos términos independientes para constituir las clases. A partir de éstas organizar la jerarquía

Paso 5. *Definir propiedades de las clases.*

Describir la estructura interna de los conceptos, por lo general los términos que no fueron seleccionados en el paso 4 pasa a considerarse propiedades de las clases (comúnmente denominados *slots*).

Paso 6. *Definir las características (facets) de los slots*

Definir los diferentes tipos de valores que describan a los *slots*, tales como, tipo de valor asociado, cardinalidad, valores permitidos (rangos), etc.

Paso 7. Crear Instancias

Crear instancias de las clases de la jerarquía, de la siguiente manera: Seleccionar una clase, crear una instancia, llenar los *slots* con los valores posibles.

1.7 Lenguajes de especificación de ontologías

Un aspecto clave en la especificación y desarrollo de ontologías, es el lenguaje que se utilice. Estos lenguajes han evolucionado desde los basados en lógica como Ontolingua, hasta los basados en estándares de la Web, como XOL y OIL [Vie-00].

Existen multitud de lenguajes que permiten la representación de ontologías:

OIL (Ontology Inference Layer), DAML (DARPA Agent Mark-Up Language), SHOE, TopicMaps, OCLM, Ontolingua, LOOM, CycL, etc. No todos ellos permiten el mismo nivel de expresividad a la ontología construida ni tampoco ofrecen las mismas funcionalidades.

A la hora de elegir un lenguaje para la definición de una ontología deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos.

1. El lenguaje debe poseer una sintaxis bien definida para poder 'leer' con facilidad la ontología definida.
2. Debe tener una semántica bien definida para comprender perfectamente el funcionamiento de la ontología.
3. Debe tener suficiente expresividad para poder capturar varias ontologías.
4. Debe ser fácilmente mapeable desde/hacia otros lenguajes ontológicos.
5. Debe ser eficiente a la hora de realizar razonamiento.

Es importante saber los diferentes lenguajes que existen, cual es su grado de implantación, cuales son los ámbitos de aplicación de cada uno de ellos, etc. Esta información será útil para estudiar compatibilidades entre herramientas.

Algunos lenguajes de codificación de ontologías son:

XML (Extensible Markup Language): Formato estándar para la estructuración de datos. Surge como mejora del lenguaje HTML.

Permitir la interoperabilidad, puesto que todo el mundo puede crear sus propios vocabularios basados en una sintaxis para documentos potentes y flexibles, no imponiendo restricciones semánticas al significado de esos documentos, además de ser un metalenguaje.

Tiene una sintaxis muy familiar en la que los códigos se introducen mediante símbolos < “ y ”>, que por supuesto son los que se emplean en los tags, las etiquetas o códigos de HTML, además de poseer una jerarquía de árbol estricta: elementos correctamente anidados, goza de una: estructura lógica: declaraciones, elementos, comentarios, que se indica en el documento mediante marcas y estructura física: indica los datos que contendrá el documento.

Puede utilizarse en cualquier aplicación en la que se pretenda guardar, recuperar o tratar información estructurada y validar su estructura y contenido, lo que incluye prácticamente cualquier aplicación informática. Su éxito radica en la orientación a objetos (OO), en aplicaciones distribuidas, de e-commerce, en configuración de datos de cuentas de correo o libretas de direcciones en donde se importarían y exportarían con facilidad para aplicaciones de correo electrónico, en bases de datos: para modelar datos fuertemente estructurados ordenando los datos o actualizándolos en tiempo real, en aparatos inalámbricos, servidores-Web, permite el desarrollo de manera extensible de las búsquedas personalizables y subjetivas para robots y agentes inteligentes.

<http://roda.ibit.org/lenguajes.cfm>

RDF (Resource Description Framework): Un modelo para definir relaciones semánticas entre distintas URLs. Basado en la sintaxis XML. Proporcionar interoperabilidad semántica entre aplicaciones que intercambian información entendible y legible por máquinas, en diferentes comunidades para la descripción de recursos como las páginas Web.

Su eficiencia se intenta mejorar aún más, sobre todo en la precisión de resultados en el descubrimiento del recurso y gestión de sitios Web y otros recursos de Internet. Sin embargo sus resultados son concisos y completamente pertinentes en un buen tiempo de respuesta. Su pedagogía es utilizada en muchos ambientes y plataformas, sin embargo posee una semántica que genera una base para razonar sobre el significado de una expresión.

Estos modelos se construyen como grafos dirigidos etiquetados especificando (recursos, propiedades, expresión) lo cual permite representar las declaraciones simples sobre recursos como un grafo de nodos y arcos que representan los recursos, sus propiedades y sus valores. Además de trabajar como un modelo conceptual.

Inspirado en programación orientada a objetos, utiliza instrucciones definidas en el XML, como un formato de metadato namespace y schemas.

Descubrimiento de recursos (como los motores basados en robots) y la capacidad para indicar los recursos inteligentemente (como los motores basados en directorios), recuperación de recursos, catalogación, bibliotecas digitales y agentes inteligentes, directorios mundiales, sindicación y agregación de noticias, software y contenido, colecciones personales de música, fotos y eventos. (<http://roda.ibit.org/lenguajes.cfm>).

DAML+OIL: El DAML (DARPA Agent Markup Language) es un lenguaje para modelar ontologías creadas como una extensión de RDF. El DAML provee un rico juego de construcciones con el que crear ontologías y aumentar la información para que sea legible y comprensible por las máquinas. En diciembre de 2000 el DAML pasó a decirse DAML+OIL, debido a la revisión de las especificaciones del lenguaje.

CLIPS (C Language Integrated Production System): Entre otras características, permite la representación del conocimiento. CLIPS provee de una herramienta para gestionar una extensa variedad de conocimiento con el soporte de tres paradigmas de programación diferentes: basado en reglas, orientado a objetos y procedural o funcional.

LOOM: Es un lenguaje y un entorno para construir aplicaciones inteligentes. El corazón de LOOM es un sistema de representación del conocimiento que es utilizado para proveer un soporte deductivo para la porción declarativa del lenguaje LOOM. El conocimiento declarativo en LOOM consiste en definiciones, reglas, preguntas y herramientas por defecto.

OKBC (Open Knowledge Base Connectivity): Proporciona un modelo uniforme de representación de conocimiento basado en una conceptualización común de clases, individuos, *slots*, *facets* y herencia. Existen implantaciones de OKBC en CommonLisp, Java y C. Ha sido seleccionado por la FIPA [Fip- 01] como lenguaje estándar de intercambio para ontologías. (<http://www.ai.sri.com/~okbc>)

XOL (Ontology Exchange Language): Es un lenguaje basado en esquemas (*frames*) con una sintaxis en XML para el intercambio de ontologías. La definición de una ontología en XOL incluye información de meta-data tal como definiciones de clases e información de objetos. (<http://www.ontologos.org/>)

KIF (Knowledge Interchange Format): Lenguaje diseñado para intercambio de conocimiento entre sistemas de computación (creados por diferentes programadores, en diferentes lenguajes), con el propósito de resolver el problema de la heterogeneidad en los lenguajes de representación del conocimiento. Está basado en la lógica de predicados, pero proporciona una sintaxis orientada a LISP. La semántica de KIF proporciona cuatro categorías de constantes: Objetos, funciones, relaciones y constantes lógicas. KIF no es un lenguaje de interacción con usuarios humanos. (<http://logic.stanford.edu/kif/kif.html>)

Ontolingua: Soporta el diseño y especificación de ontologías en una semántica lógica, definida por un conjunto de axiomas en KIF. La sintaxis de Ontolingua se ha extendido para proporcionar facilidades en la construcción de axiomas en forma de definiciones y en la definición de términos en lenguajes con orientación a objetos y *frames*. La definición de términos considera clases, sub-clases, *slots*, cardinalidad de los *slots*, *facets*, entre otros. (<http://www.stanford.edu>)

OIL (Ontology Inference Layer): Es un lenguaje de representación basado en la Web que contempla capas de inferencias. Combina la modelación de primitivas propias de los lenguajes basados en *frames* con semántica formal y servicios de razonamiento a través de descriptores lógicos. Incluye una semántica precisa para describir el significado de los términos. Cada capa adicional agrega funcionalidad y complejidad a la capa anterior. Esto permite que agentes (humanos o máquinas) que se ubiquen en una capa particular puedan entender parcialmente ontologías que se expresan en cualquiera de las capas más altas. (<http://www.ontoknowledge.org/oil/>)

SHOE (Simple HTML Ontology Extensions): Es un lenguaje de representación de conocimiento basado en HTML. SHOE es un súper conjunto de HTML que permite adicionar etiquetas a documentos Web. Los tipos de etiquetas son: para construir ontologías (conjuntos de reglas que definen qué clase de aseveraciones pueden hacerse en el documento y qué significado adquieren) y anotaciones en documentos Web que permiten suscribirse a una o varias ontologías, declarar entidades de datos y hacer aseveraciones sobre esas entidades de acuerdo a las reglas de las ontologías. (<http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE>)

OWL (Web Ontology Language): tiene como objetivo facilitar un modelo de marcado construido sobre RDF (Resource Description Framework) y codificado en XML. El OWL se deriva de DAML+OIL. Provee un mayor conjunto de primitivas para representar el significado de los elementos y sus relaciones con otros elementos en una ontología, permitiendo a los usuarios dar una mayor expresividad a sus sentencias y tener la libertad de usar la sintaxis en RDF. Es eficiente y productivo, genera los resultados en tiempo real, además de realizar un razonamiento efectivo en las expresiones lógicas.

Posee un vocabulario y una semántica formal para describir clases y propiedades: relaciones entre clases (e.g. disjointness), cardinalidad (e.g. "exactly one"), igualdad, una clasificación de propiedades más rica, características de propiedades simétricas (e.g. symmetry), clases enumeradas y transitividad, o relaciones inversas. Puede ser utilizado para describir clases, relaciones, propiedades e individuos (subclase, subpropiedad, dominio, rango) entre ellas que sean inherentes a documentos Web y

aplicaciones. Proporciona una forma rápida de migrar tesauros y otras taxonomías al ámbito de la Web Semántica.

Actualmente, OWL tiene tres variantes:

- OWL Lite
- OWL DL
- OWL Full

Estas variantes incorporan diferentes funcionalidades, y en general, OWL Lite es más sencillo que OWL DL, y OWL DL es más sencillo que OWL Full. OWL Lite está construido de tal forma que toda sentencia pueda ser resuelta en tiempo finito, la versión más completa de OWL DL puede contener 'bucles' infinitos. (<http://roda.ibit.org/lenguajes.cfm>)

1.8 Editores para construcción de Ontologías

Los editores de ontologías, son herramientas especializadas que apoyan la construcción de estas. Las facilidades que proporcionan van desde la definición y modificación de conceptos, propiedades, relaciones, restricciones y axiomas, hasta la inspección y navegación en ontologías. Algunos de los editores más importantes se describen a continuación [Med-03], [Vie-00], [Cec-01], [Noy-01] [McG-00].

Ontolingua:

Herramienta de desarrollo para navegar, crear, editar, modificar, verificar, evaluar y usar ontologías. Contiene una librería de ontologías cuyas definiciones, axiomas y términos no-lógicos, pueden ser reutilizadas en la construcción de nuevas ontologías.

Ontolingua basa la construcción de ontologías en el principio de diseño modular. Esto permite que las ontologías de las librerías puedan ser reutilizadas de cuatro diferentes maneras:

- ✓ Inclusión: Una ontología A es explícitamente incluida en una ontología B.

- ✓ Polimorfismo: Una definición de una ontología es incluida en otra y refinada.
- ✓ Restricción: Una versión restringida de una ontología es incluida en otra
- ✓ Inclusión de Ciclos: Situaciones como la siguiente se pueden dar, más no son recomendables: la ontología A se incluye en la B, la ontología B se incluye en la C y la ontología C se incluye en la A.

<http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua>

Chimaera:

Herramienta que permite crear y mantener ontologías en la Web, proporciona un ambiente distribuido para navegar, crear, editar, modificar y usar ontologías. Entre las facilidades que ofrece la herramienta se tienen: cargar bases de conocimiento en diferentes formatos, reorganizar taxonomías, resolver conflictos de nombres y editar términos. Destaca la capacidad para cargar datos de entrada en 15 diferentes formatos, tales como, KIF, Ontolingua, OKBC, Protegé, etc.

<http://www.ksl.stanford.edu/software/chimaera>

Protegé:

Es una herramienta implantada en java que permite la construcción de ontologías, personalizando las formas de adquisición de conocimiento y los dominios de conocimiento. Es capaz de operar como una plataforma para acceder a otros sistemas basados en conocimiento o aplicaciones integradas, o como una librería que puede ser usada por otras aplicaciones para acceder y/o visualizar bases de conocimiento. La herramienta ofrece una interfaz grafica que permite al desarrollador de ontologías enfocarse en la modelación conceptual sin que requiera de conocimientos de la sintaxis de los lenguajes de salida, como OIL o RDFS.

<http://www.protege.stanford.edu/>

Con la ayuda de este software se pueden construir aplicaciones basadas en el conocimiento que representen la información de forma ontológica. La característica de este tipo de herramientas es que utilizan un lenguaje muy flexible.

Protégé reconoce, Frames, XML Schema, RDF Schema y OWL, que son lenguajes semánticos utilizados en la Web, en contraposición a la rigidez del HTML.

OilEd:

OilEd es un editor de ontologías para OIL y DAML-OIL, desarrollado en la Universidad de Manchester .La interfase del editor es orientada a *frames*. La principal característica de este editor es su capacidad para tratar con un lenguaje expresivo y el mecanismo de razonamiento lógico que usa para chequear la consistencia de las clases y las relaciones de inferencia.

OilEd permite la definición de clases, *slots* y axiomas, así como el uso de combinaciones booleanas de *frames* o clases conectadas a través de *and*, *or*, o *not*.

<http://www.oiled.man.ac.uk/>

1.9 Algunos ejemplos de ontologías

OntoWEDSS [Cec-01], es un sistema de soporte a la toma de decisiones, basado en una ontología denominado WaWo, para la administración de plantas de tratamiento de aguas residuales. WaWO es una ontología de dominio que caracteriza el dominio de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Las categorías básicas de la ontología son representadas como objetos (clases del dominio de aguas residuales y una taxonomía de micro-organismos) con propiedades específicas y relaciones. Los objetos son estructurados en una taxonomía y las definiciones, *slots* y relaciones se especifican de acuerdo a los *frames* de Ontolingua.

1.9.1 Ontología de conocimiento enciclopédico [Mar-01]

Esta ontología se construyó a partir de conocimiento enciclopédico parcialmente estructurado de dos enciclopedias en castellano y una base cartográfica. Entre las

funcionalidades de la ontología se tienen: reutilización de los contenidos editoriales, organización de contenidos de forma tal que puedan ser (re)utilizables por los editores y servir como base de algunas aplicaciones de procesamiento de lenguaje natural en el campo de la recuperación de documentos, corrección gramatical, marcaje de lenguaje SGML o XML, gestión y extracción de información, entre otros.

1.9.2 Ontología para la administración de contenido educativo en la WEB [Sil-03]

La ontología propuesta por este grupo de investigadores tiene como objetivo la administración de cursos educativos, utilizados en educación a distancia, almacenados en documentos XML en la WEB. El método usado para desarrollar la ontología es el propuesto por Uschold y utilizan para su implantación el lenguaje DAML + OIL.

1.9.3 Ontologías desarrolladas por STARLab [Sta-03].

Este laboratorio de investigación (Systems Technology and Applications Research Laboratory, Faculty of Sciences, Vrije Universiteit Brussel) lleva adelante el desarrollo de un conjunto de ontologías, entre los que destacan las siguientes:

BonaTema: Sistema de ontología y base de conocimiento, que contiene información biológica sobre la levadura.

OntoWeb: Ontología cuyo objetivo es proporcionar a los investigadores y a las industrias que prestan servicios de ontologías, el intercambio de información en áreas como recuperación de información, administración de conocimiento, bioinformática y comercio electrónico.

FFPOIROT: Esta ontología, que estará disponible en varios idiomas (francés, inglés, alemán e italiano), proporcionará recursos de información orientados a la prevención de fraudes para dominios de finanzas.

Hipermuseum: Ontología basada en Internet para apoyar el uso activo de datos digitales de museos en el aprendizaje y en presentaciones.

Ontobasis: Fundamentos, construcción, servicios y aplicaciones de ontologías.

<http://www.starlab.vub.ac.be>

1.9.4 Ontología para mejorar los sistemas de bases de datos de terrorismo [Gru-03]:

Esta ontología asiste a personas que se encargan de prevenir y mitigar actos de terrorismo como investigadores y agencias policiales, en tareas como identificación, agrupamiento y clasificación de documentos en el dominio del terrorismo.

La ontología proporciona la información necesaria para la creación y mejoramiento de sistemas de bases de datos de terrorismo.

Alguna de las funcionalidades de esta ontología son: búsqueda por palabras claves exactas, búsqueda por palabras que tienen el mismo sentido, palabras cercanas a otras en el texto, búsqueda por asuntos específicos en documentos, entre otras. Además contiene información de ejecutores, objetivos físicos y armas utilizadas en actos terroristas. La ontología fue desarrollada a partir de una base de conocimiento de textos realizada en Oracle.

1.10 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

En esta sección se hace acercamiento a la EIA ya que será el dominio representado en la ontología que se desarrollara en esta investigación.

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

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental nos permiten establecer si un proyecto determinado es incompatible o no con el medio natural; y por tanto se resuelve si

debe ejecutarse o no, así como en caso de ser aceptado, las condiciones que deben seguirse en su ejecución.

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental pretenden establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el Medio Ambiente, sin pretender llegar a ser una figura negativa, ni un freno al desarrollo, sino un instrumento operativo para impedir la sobreexplotación del medio natural.

1.10.1 Modelo general de estudios de Impacto Ambiental.

El Estudio de Impacto Ambiental (EslA), es la descripción pormenorizada de las características de un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo, incluyendo su tecnología y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evaluación de impacto ambiental.

El EslA constituye un elemento analítico que interviene de manera esencial en cuanto a dar información en el procedimiento administrativo que es la EIA, y que culmina con la Declaración de Impacto Ambiental, la cual debe presentar la “realidad objetiva, para conocer en qué medida repercutirá sobre el entorno la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad.”

1.10.2 Valoración cualitativa.

En la fase de valoración cualitativa se busca obtener una estimación de los posibles efectos que provocará en el entorno la realización del proyecto mediante una descripción lingüística de sus propiedades. Los distintos expertos clasifican ciertas variables con etiquetas tales como baja, media, etc. con el fin de obtener un conocimiento cualitativo del impacto ambiental.

La metodología puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Describir el medio como un conjunto de factores ambientales afectados por el proyecto o actividad en estudio.
2. Describir el proyecto o actividad evaluada como un conjunto de acciones básicas, perfectamente caracterizadas.

3. Identificar los impactos que cada acción definida tiene sobre cada factor ambiental identificado.
4. Caracterizar cada impacto mediante la estimación de su importancia.
5. Analizar la importancia global de la actividad sobre el medio, a partir de las importancias caracterizadas anteriormente.

1.10.2.1 Identificación de los factores ambientales.

El ambiente se conforma por un conjunto de elementos interrelacionados, su estudio como un todo resulta muy complejo, por lo que es necesaria una modelación simplificada. Por esta razón se divide en Sistemas Ambientales, estos su vez en Subsistemas Ambientales, los cuales se dividen en Componentes Ambientales, que finalmente se dividen en Factores Ambientales.

Para cada factor medio ambiental se establece su medida de importancia relativa al ambiente, medida en unidades de importancia (UIP), la cual se utiliza para efectuar ponderaciones en las estimaciones globales de los impactos.

1.10.2.2 Identificación de las acciones del proyecto

El proyecto que se está evaluando se modela como un conjunto de Acciones, que pueden agruparse en Actividades. Muchas veces se desea confrontar varias opciones del mismo proyecto, con el fin de seleccionar aquella de menor impacto al medio; es usual agrupar cada opción como una situación y realizar las comparaciones, para determinar el impacto real de la ejecución proyecto.

1.10.2.3 Determinación de la importancia de los efectos

La importancia de un impacto es la medida cualitativa del mismo, que se obtiene a partir del grado de incidencia de la alteración producida, y de una caracterización del efecto que responde a una serie de atributos tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, entre otros. En el anexo 1 se muestran las variables utilizadas. Se calcula la importancia de los impactos siguiendo la expresión:

$$I = \pm(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB)$$

Los términos de la expresión anterior están definidos en el anexo2, así como los valores numéricos correspondientes a las variables según su valoración cualitativa.

1.10.3 Valoración cuantitativa

Los resultados obtenidos en la Valoración Cualitativa son complemento necesario para el desarrollo de la etapa de Valoración Cuantitativa, puesto que en esta fase se realizan estudios técnicos más detallados, los cuales permiten predecir numéricamente cada uno de los impactos individuales (a diferencia de la predicción lingüística obtenida en la fase anterior), y que posteriormente se agrupará para obtener una predicción numérica del impacto total.

La predicción numérica se transforma en las variables *Calidad Ambiental* y *Valor Ambiental*, variables intangibles y adimensionales que, por tener estas características, deben ser tratadas de manera cualitativa.

1.10.3.1 Indicadores ambientales y Magnitud de los impactos

Un indicador de un factor ambiental es una variable que permite medir al factor. Las unidades de medida de cada indicador están determinadas por el propio indicador, por lo que cada factor será medido en unidades diferentes, consecuentemente, no pueden realizarse comparaciones entre dos factores tomando como base sus indicadores.

La Magnitud de un impacto es la estimación cuantitativa del efecto que éste tendrá sobre el factor ambiental, es el valor que se espera tome el indicador del factor. Esta estimación la realizan expertos en el factor correspondiente.

1.10.3.2 Calidad Ambiental y Funciones de Transformación

La magnitud del impacto total recibido por cada factor está indicada en las unidades características de su indicador, por lo que no es posible hacer comparaciones entre los impactos recibidos por factores diferentes.

Para hacer esta comparación es necesario describir en una escala común las magnitudes de los impactos recibidos por cada factor, esta escala se denomina *Calidad Ambiental* y, se utilizan las *Funciones de Transformación* para

homogeneizar en esa escala común las magnitudes. Esta metodología también permite calcular el impacto que causa el proyecto sobre un factor determinado utilizando la Calidad Ambiental Neta, definida como la diferencia entre la calidad ambiental con el proyecto y la calidad ambiental sin el proyecto.

1.10.3.3 Valor del Impacto sobre un Factor

La medida que combina la importancia y la calidad ambiental neta del impacto recibido por un factor es el *Valor* del impacto.

1.10.3.4 Análisis Cuantitativo Global

El Impacto Ambiental Total (IAT) estima de manera global cuán severo para el medio ambiente resulta el proyecto, y se calcula como la suma ponderada de los valores de los impactos recibidos por cada factor, en la cual la ponderación se realiza por medio de las unidades de importancia (UIP) de cada factor

La suma de la UIP de todos los factores P_i es 1000, por lo que el indicador *IAT* puede tomar valores en el intervalo $[-1000,+1000]$, resultando los proyecto más severos al ambiente aquellos con un Impacto Ambiental Total que se acerque a -1000 , y los más beneficiosos aquellos que se acerque a $+1000$.

El IAT debe calcularse para las distintas alternativas del proyecto tomadas en consideración, pues la comparación entre los IAT de las distintas alternativas permite determinar cuál de ellas resulta mejor para el ambiente.

Capítulo 2 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ONTOLOGÍA.

En el presente capítulo se explica el proceso de diseño de la ontología EIA Minera y los elementos tenidos en cuenta.

Entre las metodologías de desarrollo de ontologías analizadas se escogió la propuesta de la Universidad de Stanford [Noy-01]. Siguiendo las fases de esta metodología, se describe el proceso de la desarrollo de la ontología que se presenta, analizando las decisiones de diseño que se han tomado.

Esta metodología es una de la más recientes y modernas para desarrollar ontologías, fue escogida dada su flexibilidad y la amplia documentación de que se dispone.

La ontología que se presenta, representará conocimiento referente a la Evaluación de Impacto Ambiental Minera, el objetivo principal es proporcionar un repositorio de información flexible, accesible y disponible que permita a diferentes aplicaciones recuperar este conocimiento.

2.1. Determinar el alcance de la ontología.

El primer paso que debe realizarse en el desarrollo de una ontología debe ser delimitar el dominio que tratará y su alcance. Para ello, debemos responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál es el dominio que representará la ontología?
- ¿Para qué va a utilizarse la ontología?
- ¿A qué preguntas deberá responder la ontología?
- ¿Quién utilizará y mantendrá la ontología?

En el caso de la ontología que se presenta, el objetivo es representar el conocimiento correspondiente con la Evaluación de Impacto ambiental Minero. Por lo tanto, los principales elementos serán Factor ambiental, Acciones de proyectos, Impactos provocados por estas acciones sobre los factores y las medidas que deben ser tomadas para mitigar esta afectación producida al Medio Ambiente

Esta ontología Evaluación de Impacto Ambiental Minera permitirá formalizar el conocimiento del área de Evaluación de Impacto ambiental Minera y favorecerá el desarrollo de sistemas inteligentes en esta área.

Esta ontología va ser utilizada por expertos ambientales.

El ingeniero de conocimiento será el encargado de mantener y modificar la ontología de acuerdo con los requerimientos de los expertos ambientales. Esto se hará mediante un proceso de retroalimentación después de que se empiece a utilizar la ontología desarrollada en este proyecto de investigación.

2.2. Preguntas de competencia.

Una de las formas de determinar el ámbito de una ontología consiste en esbozar una lista de preguntas que la ontología debe ser capaz de contestar, lo que se llaman preguntas de competencia. Estas preguntas establecerán el límite de lo que debe representarse, de forma que la ontología contenga suficiente información y al nivel de detalle adecuado para responder a estas preguntas. Las preguntas de

competencia no tienen por qué ser exhaustivas, basta con que sean un bosquejo de lo que se pretende obtener con la ontología.

En este caso, las siguientes cuestiones servirán como preguntas de competencia:

1. ¿El proyecto X que factores impacta?
2. ¿El factor F pertenece al Sistema M?
3. ¿El factor F pertenecen al Subsistema M?
4. ¿Qué subsistema pertenecen al sistema M?
5. ¿Qué factores pertenecen al subsistema M?
6. ¿El proyecto P que actividades realiza?
7. ¿La actividad A que acciones realiza?
8. ¿Qué proyecto(os) realiza (an) la actividad A?
9. ¿La acción Ac a que actividad pertenece?
10. ¿Qué factores ambientales son afectados por la acción Ac?
11. ¿Qué impacto provoca la acción Ac?
12. ¿Qué acción provoca el impacto I?

2.3. Considerar el uso de ontologías existentes.

No existe ninguna ontología que contenga todo el conocimiento relacionado con la Evaluación Impacto Ambiental Minero. Existen ontologías específicas para áreas de la ciencia (Geología, Minería, etc.), igualmente existe una ontología de procesos y servicios (UNSPSC, www.unspsc.org) que contiene los procesos principales relacionados con la gestión ambiental.

Existe una ontología que une dos disciplinas: ciencias ambientales (específicamente, gestión de aguas residuales) e informática (específicamente, inteligencia artificial), WaWO que es una ontología que caracteriza el dominio de plantas de tratamiento de aguas residuales.

<http://www.tesisexarxa.net/TDX-0225103-180427/index.html#documents>

Existe además una ontología Geoespacial en el dominio Forestal.

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla.asp?id_articulo=1485

2.4. Enumerar los términos importantes de la ontología.

Para tomar contacto con los conceptos involucrados en el dominio de la ontología es útil anotar en una lista aquellos términos que son interesantes y sobre los que se quiere hablar en la ontología. Así, podremos perfilar qué propiedades tienen esos términos y qué queremos saber de ellos.

En este paso tampoco es necesario ser muy exhaustivos, pues lo que se pretende es identificar los elementos principales del ámbito de la ontología. De esta forma se pretende dar paso a la creación de la jerarquía de conceptos y a la definición de propiedades de estos conceptos, tareas que están muy relacionadas.

Para la obtención de la información manejada en la ontología, se realizó primeramente una búsqueda bibliográfica, con el fin de lograr un acercamiento al tema de las evaluaciones de impacto ambiental y específicamente a las evaluaciones de impacto ambiental realizadas en zonas mineras. En la biblioteca virtual del ISMM fueron consultados documentos y tesis que proporcionaron información relevante de este dominio.

Es obvio que los elementos de información principal son los siguientes:

- los factores ambientales,
- las actividades y acciones de los proyectos mineros,
- los impactos ocasionados por estas acciones en los factores ambientales y
- las medidas de mitigación, que se utilizarán para corregir los impactos ambientales.

Unido a los términos mencionados anteriormente, existen otros términos importantes:

- Los indicadores medioambientales: utilizados para medir el estado de los factores ambientales.
- La **importancia de un impacto**: medida cualitativa del mismo, que se obtiene a partir del grado de incidencia de la alteración producida, y de una caracterización del efecto utilizando variables para la valoración.
- La **magnitud de un impacto**: es la estimación cuantitativa del efecto que éste tendrá sobre el factor ambiental, es el valor que se espera tome el indicador

del factor. La magnitud del impacto total recibido por cada factor está indicada en las unidades características de su indicador, por lo que no es posible hacer comparaciones entre los impactos recibidos por factores diferentes.

- La **calidad ambiental**: escala común para la comparación de las magnitudes de los impactos recibidos por cada factor ambiental.
- Las **funciones de transformación**: funciones utilizadas para homogeneizar la magnitud del impacto, es decir transforma la magnitud del impacto en calidad ambiental.

2.5. Definir las clases y la jerarquía de clases.

Existen varias aproximaciones a la construcción de la jerarquía de clases en una ontología:

- Un enfoque de arriba a abajo (top-down) comienza definiendo en primer lugar los conceptos más generales y posteriormente especializando estas definiciones.
- El enfoque de abajo a arriba (bottom-up) es contrario al anterior y comienza definiendo las clases más específicas (las hojas de la jerarquía), que después agrupa para formar clases más generales.
- Es posible utilizar un enfoque intermedio, de forma que primero se definen las clases que se corresponden con los principales conceptos identificados en el dominio y, a continuación, se generalizan y especializan estos conceptos hasta donde sea necesario.

Para la definición de la Ontología EIA Minera se ha utilizado el primer enfoque de arriba a abajo.

Se define en primer lugar:

Medio Ambiente que una de las clases más generales, esta se divide en Sistemas Ambientales, estos a su vez en Subsistemas Ambientales, los cuales se dividen en Factores Ambientales, estos factores son agua, aire, etc.

En la siguiente figura se muestra la jerarquía del medio ambiente:

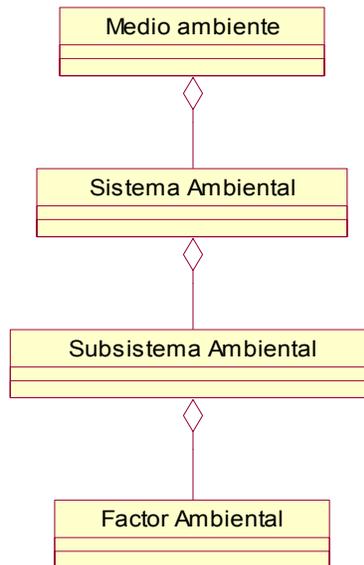


Fig1. Jerarquía Medio ambiente

Los sistemas que existentes son Medio físico y Medio Socio-económico como se muestra en la figura 2.

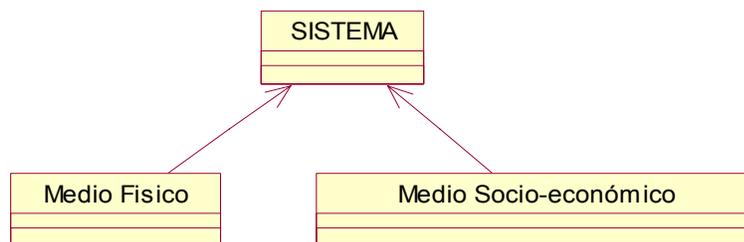


Fig2. Composición de Sistema.

El medio ambiente está dividido en medio Físico y medio socio económico como se muestra en la figura 3.

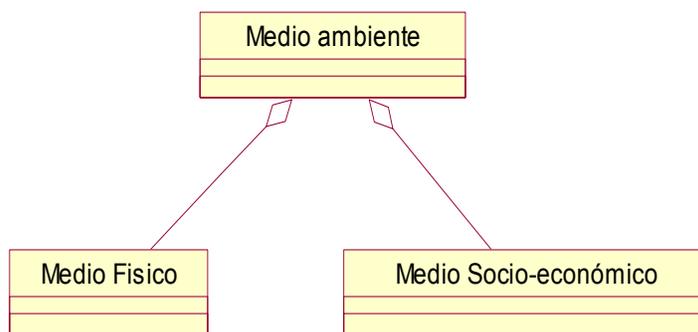


Fig3. Composición de medio ambiente.

Los subsistemas existentes son Medio Inerte, Medio Biótico, Medio perceptual, Medio Económico y Medio Socio-cultural como se muestra en la figura 4.

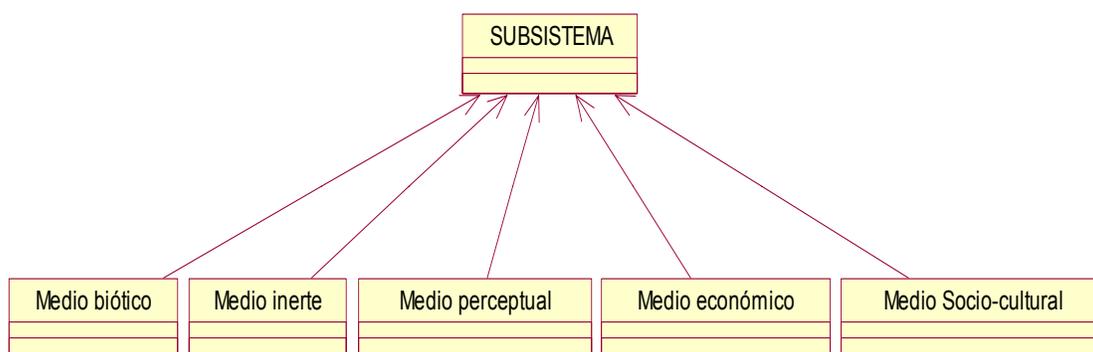


Fig4. Composición de Subsistema.

El medio físico está compuesto por el medio inerte, medio biótico y el medio perceptual como se muestra en la figura 5.

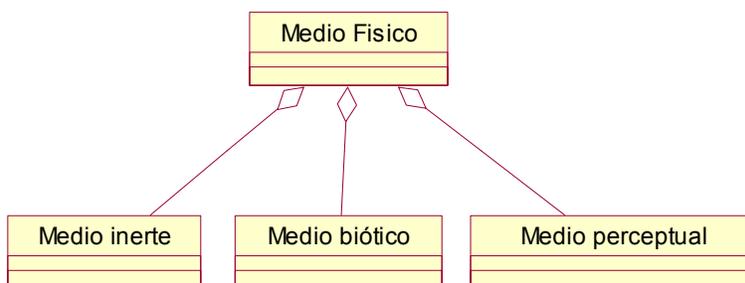


Fig5. Composición de medio Físico.

El medio socio-económico está compuesto por el medio socio-cultural y el medio económico como se muestra en la figura 6.

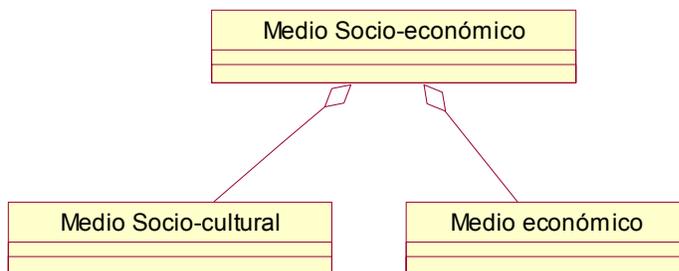


Fig6. Composición de medio Socio económico.

El medio inerte está compuesto los factores ambientales aire, suelo, geología y geomorfología, agua, clima como muestra en la figura 7.

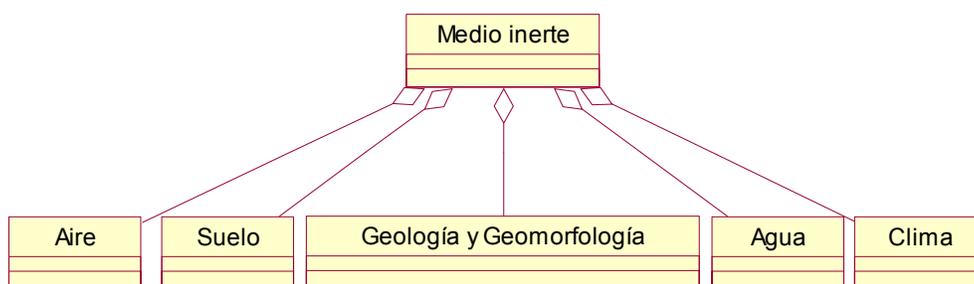


Fig7. Composición de medio Inerte

El medio biótico está formado por los siguientes factores flora y vegetación, fauna y equilibrio ecológico como se muestra en la figura 8.

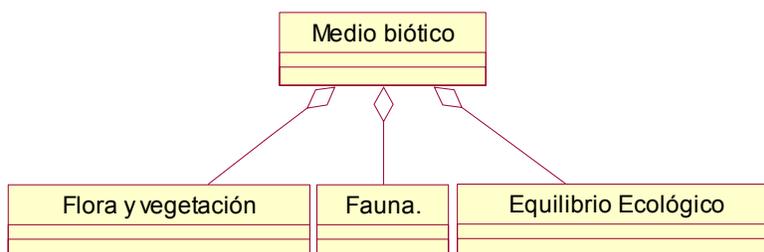


Fig8. Composición de medio Biótico.

El medio perceptual está compuesto por morfología y paisaje, uso del suelo, infraestructura como se muestra en la figura 9.

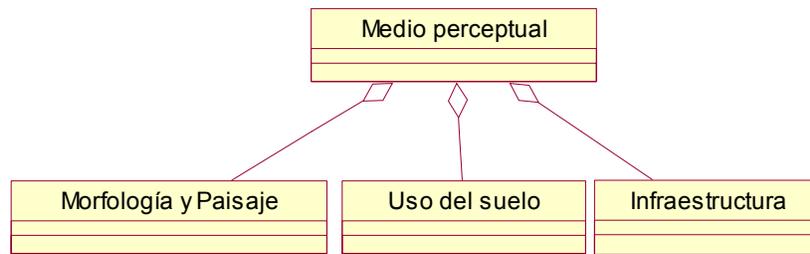


Fig9. Composición de medio perceptual.

El medio económico está compuesto por los factores población y económico como se muestra en la figura 10.

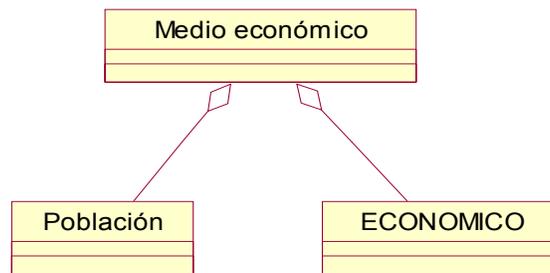


Fig10. Composición de medio económico.

El medio socio-cultural está compuesto por los factores sociales y culturales como se muestra en la figura 11.

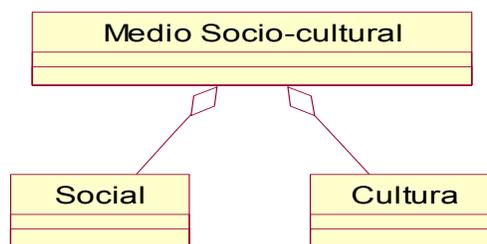


Fig11. Composición de medio socio-cultural.

En la figura 12 se muestran los factores ambientales.

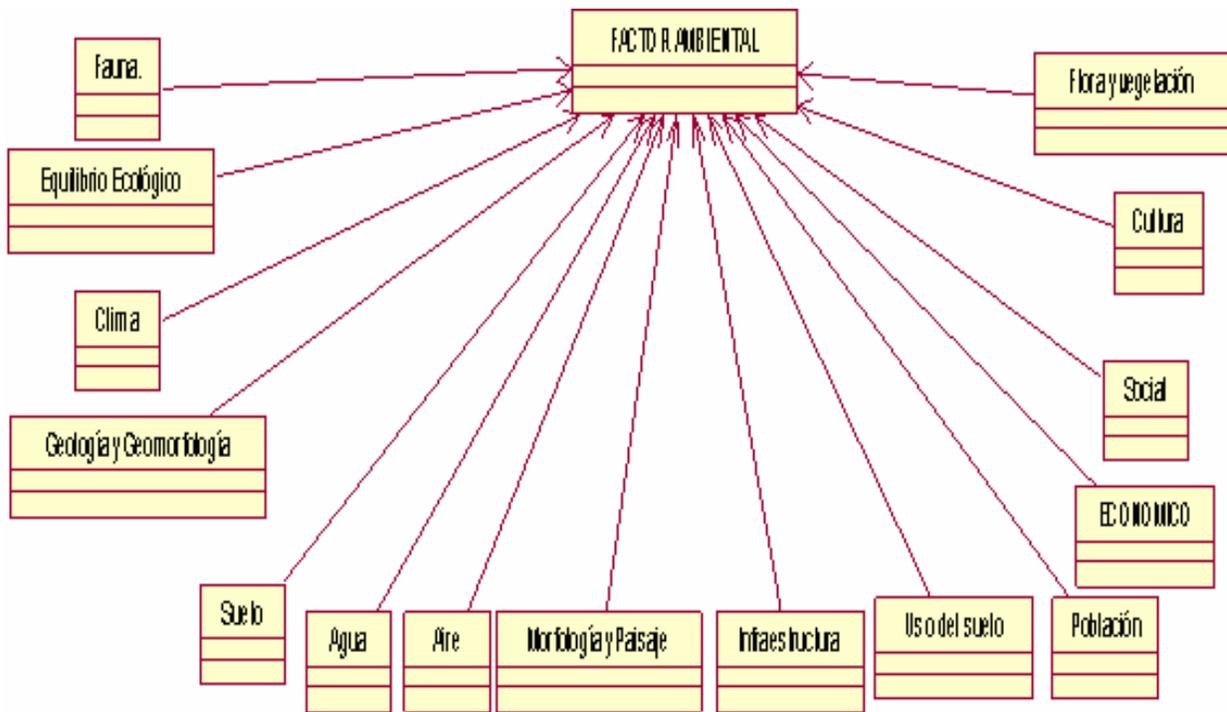


Fig12. Composición de factor ambiental.

Luego se define:

La clase Proyecto que va ser otra de las clases más generales, esta va estar dividida o compuesta por Actividades, y estas su vez en Acciones.



Fig13. Jerarquía proyecto

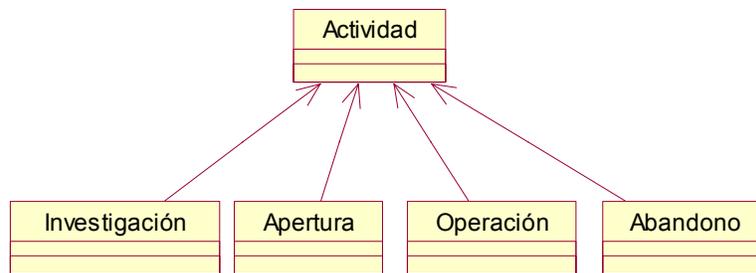


Fig14. Composición de actividades.

Se definen la clase impacto ambiental que va representar la influencia de las acciones sobre los factores, estos impactos se caracterizan por la importancia del impacto, en la etapa de valoración cualitativa, y por la magnitud del impacto en la valoración cuantitativa (ver fig. 15).

La importancia es la agregación de diferentes variables utilizadas para la caracterización de impacto, por ejemplo Naturaleza del impacto, Extensión, entre otras (Ver anexo1).

La magnitud del impacto es la estimación del valor que se supone tome el indicador ambiental cuando empiece a ejecutarse la acción, es importante señalar que el indicador que se valora está incluido entre los indicadores que se utilizan para la medición del estado del factor ambiental.

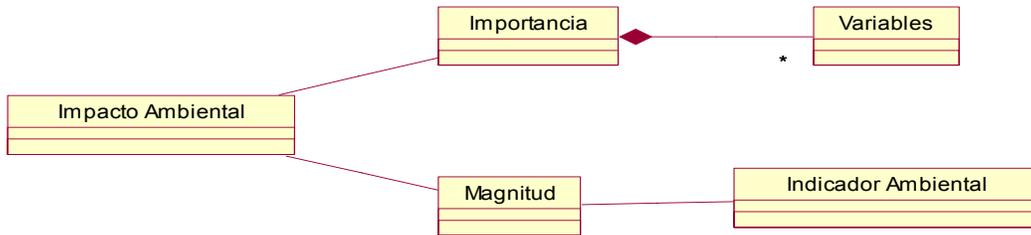


Fig15. Impacto ambiental.

Se definió la clase Medida Correctora que contiene las medidas para mitigar estos impactos.

Se definió una clase Indicador ambiental que caracteriza a los factores ambientales.

La relación Factor Ambiental – Indicador Ambiental, es de la forma que se muestra en la figura siguiente:

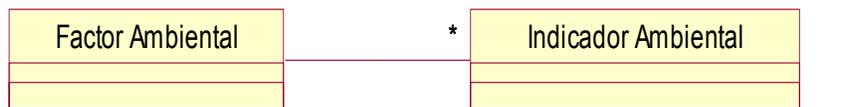


Fig16. Caracteriza a los factores ambientales

En la siguiente figura se muestran como están relacionadas las clases.

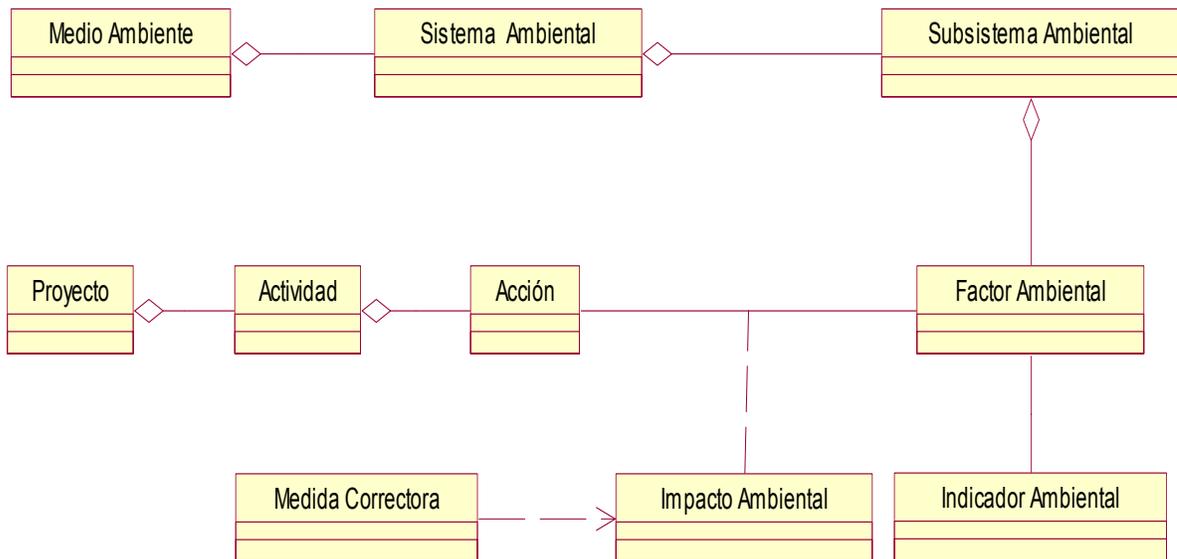


Fig 17. Relacion entre las clases.

2.6. Definir las propiedades de las clases.

El desarrollo de nuestra ontología ha comenzado definiendo las clases del dominio. Se tomaron luego estas clases y se definieron las propiedades que se considero que debían tener.

En las siguientes tablas representamos las clases con las propiedades que creemos que son necesarias:

Clase: Factor ambiental	
Descripción	Descripción del estado del factor ambiental
Nombre	Significado

Tabla 2.3 Clase Factor ambiental

Clase: Proyecto	
Descripción	Descripción de las características generales del proyecto
Nombre	Nombre del proyecto
Contratista	Empresa encargada del proyecto

Tabla 2.4 Clase Proyecto

Clase: Actividad	
Proyect	Identifica a que proyecto(os) pertenece
Descripción	Descripción de las características de la actividad

Tabla 2.5 Clase Actividad

Clase: Acción	
Activ	Identifica a que actividad pertenece
Descripción	Descripción de la acción del proyecto

Tabla 2.6 Clase Acción

Clase: Impacto Ambiental	
Nombre	Nombre del impacto
Ac	Acción que provoca el impacto
Fa	Factor sobre el que se produce el impacto
Descripción	Descripción de las características del impacto
Importancia	Valor de la importancia del impacto
Magnitud	Valor de la magnitud del impacto
Indicador	Indicador utilizado para valorar la magnitud del impacto

Tabla 2.7 Clase Impacto

Clase: Medida Correctora	
Nombre	Nombre para identificar la medida
Descripción	Descripción de las características de la medida correctora
Impacto	Impacto que mitiga o corrige la medida

Tabla 2.8 Clase Medida Correctora

Clase: Indicador ambiental	
Nombre	Nombre para identificar el indicador ambiental
Fa	Factor sobre el que se produce el impacto
UM	Unidad de medida
Funtrans	Función de transformación
Límite	Límite máximo permisible

Tabla 2.9 Clase Indicador ambiental

En este diseño conceptual se ha decidido utilizar el término general Variables, para referirse al conjunto de variables utilizadas para la caracterización del impacto. Puesto que, los expertos ambientales pueden variar las variables utilizadas en la caracterización del impacto considerando las particularidades del proyecto que se evalúa. La aproximación más utilizada en la minería es la propuesta por Conesa [Conesa-97], esta será la propuesta que se utilizará. Las variables y su significado se muestran los anexos1...

Clase: Importancia del Impacto	
Variables	Variables utilizadas para la caracterización del impacto
Valor	Valor de la importancia del impacto

Tabla 2.10 Clase Importancia del Impacto

A partir de las características que presentan las funciones de transformación, es necesario definir una nueva clase Función de Transformación, que se describe a continuación.

Clase: Funcion Transformacion	
Min	Valor mínimo
Max	Valor máximo
Tipo	Representación de la función (lineal creciente, parábola hacia arriba, etc.)

Tabla 2.11 Clase Importancia del Impacto

2.7. Definir las restricciones de las propiedades

Una vez definidas las propiedades, es necesario asociar a cada una de ellas ciertas restricciones que determinen el tipo de valores que la propiedad puede tomar. Existen restricciones simples, como por ejemplo que el nombre de una Actividad es una cadena, y otras más complejas.

La primera restricción que debe asignarse es el dominio y el rango de una propiedad, o en su defecto el tipo de dato sobre el que se aplica. El dominio de una propiedad se refiere a las clases a las que puede aplicarse, mientras que el rango es el tipo de dato, clase o conjunto de clases que puede asignarse a la propiedad.

Impacto Ambiental

- Nombre cadena de caracteres
- Descripción cadena de caracteres
- Acción instancia de la clase Acción
- Factor instancia de la clase Factor Ambiental
- Importancia Símbolo
- Magnitud Número
- Indicador instancia de Indicador Ambiental

El dominio de las propiedades de la clase Impacto_Ambiental es la clase impacto ambiental.

Hay otras restricciones más complejas que tienen que ver con la consistencia de la información representada en la ontología. A continuación se mencionan alguna de las que fueron tomadas en cuenta para el diseño que se presenta:

- Cada factor ambiental solo pertenece a un subsistema ambiental.
- Un subsistema ambiental solo pertenece a un sistema ambiental.
- Todos los sistemas ambientales pertenecen al medio ambiente.
- El indicador ambiental utilizado para medir la magnitud de un impacto ambiental debe pertenecer al conjunto de indicadores ambientales utilizados para medir la calidad ambiental del factor ambiental.

2.8. Crear instancias.

El último paso en la construcción de la ontología es crear los individuos que serán instancias de las clases de la jerarquía.

Definir un individuo requiere elegir una clase, crear una instancia para esa clase y rellenar los valores de propiedades. Puede suceder que para asignar las propiedades sea necesario crear nuevas instancias, por lo que este proceso se repite recursivamente.

En la ontología que se presenta se incluyen cuatro ejemplos de proyectos a los que fueron realizados evaluaciones de impacto ambiental. Para su representación primeramente se crearon las instancias de proyectos, luego fueron creadas las instancias de las actividades y las acciones que se realizan en estos proyectos.

Seguidamente son creadas las instancias de los factores ambientales que son afectados por los proyectos, y las instancias de los indicadores ambientales; y finalmente se crean las instancias de los impactos ambientales y las medidas correctoras utilizadas para mitigarlos.

Se crean las instancias de la clase Importancia Impacto.

A continuación se listan las instancias que aparecerán en la ontología.

Proyecto

- Yacimiento Punta Gorda
- Yacimiento Los Guaos
- Yacimiento Cañada Honda
- Yacimiento Río Nibujón

Actividad

1. Investigación
2. Apertura
3. Operación
4. Abandono

Acción

1. Toma de muestras
2. Trabajos topográficos
3. Trabajos de perforación
4. Desbroce de la vegetación
5. Escombreo
6. Construcción
7. Construcción de vías de acceso
8. Construcción de trochas
9. Construcción de caminos.
10. Construcción del depósito de suelo.
11. Tala de árboles y destocoado.

12. Compactación del terreno.
13. Instalación de equipos de bombeo
14. Preparación del frente de trabajo.
15. Transporte del material útil.
16. Extracción del mineral
17. Transporte de maquinarias y equipos
18. Transporte de mineral
19. Mantenimiento de caminos
20. Carga.
21. Voladura.
22. Movimiento de tierras.
23. Preparación Mecánica
24. Excavaciones.
25. Infraestructura.
26. Residuos de estériles.
27. Fragmentación.
28. Botaduras de sedimentos.
29. Acarreo de material.
30. Comercialización.
31. Clasificación
32. Trituración.
33. Lavado.
34. Almacenamiento.
35. Abandono de la mina
36. Rehabilitación de áreas minadas

En la figura se muestra parte de la jerarquía de acciones del proyecto punta gorda.

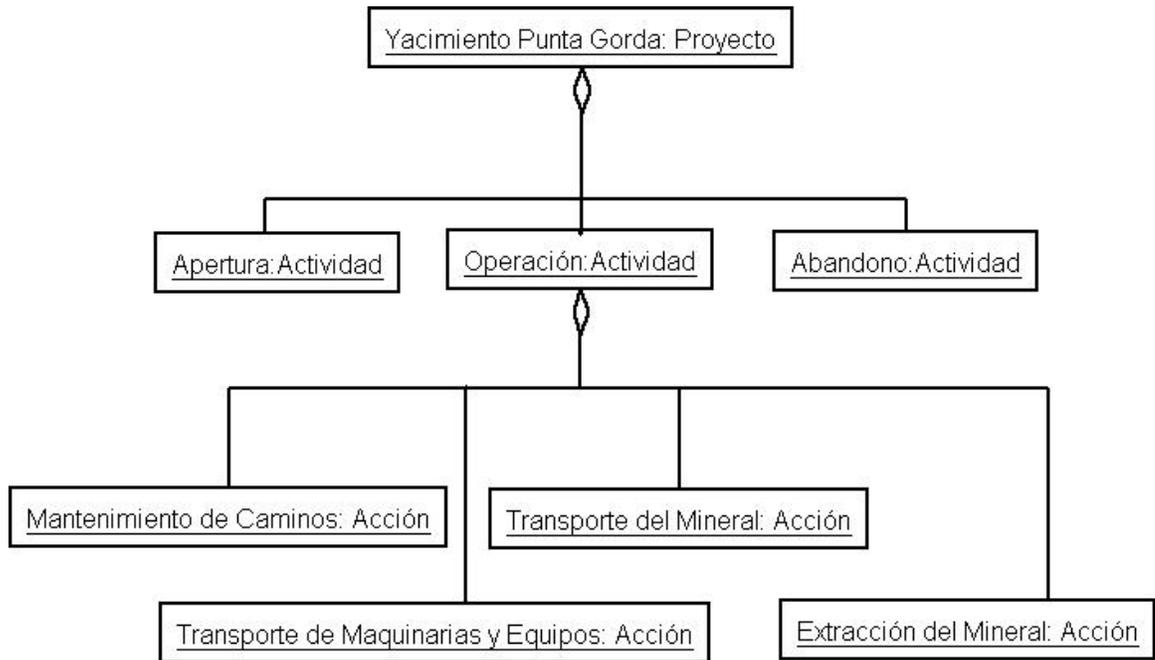


Fig. 18. Jerarquía de acciones del proyecto punta gorda.

Impactos Ambientales

1. Alteración del relieve natural
2. Aumento de las probabilidades de ocurrencia de procesos geomorfológicos degradantes (erosión, deslizamientos, derrumbes).
3. Incremento de la intensidad de los procesos erosivos.
4. Remodelación final del relieve
5. Pérdida de materia orgánica
6. Disminución de los niveles de humedad
7. Cambios en las propiedades físico-química de los suelos
8. Compactación crítica de los suelos
9. Remodelación y protección de taludes
10. Descompactación de los suelos.
11. Realización de mejoras edáficas.

12. Cambios en la composición físico-química de las aguas de escurrimiento superficial.
13. Modificación del nivel piezométrico de las aguas.
14. Destrucción de la red de drenaje de las aguas superficiales y subterráneas
15. Disminución en las aguas de los sólidos en suspensión.
16. Creación de la red de drenaje de las aguas.
17. Construcción de depósitos de agua.
18. Aumento de la insolación y la temperatura.
19. Recuperación gradual de los parámetros afectados del microclima.
20. Aumento de los niveles de polvo.
21. Emisión de vibraciones
22. Incremento de los niveles de contaminación por gases.
23. Contaminación sónica.
24. Disminución de los niveles de polvo.
25. Atenuación de la contaminación por gases en la fase de abandono.
26. Mitigación de la contaminación sónica.
27. Tala de árboles y arbustos
28. Destrucción de la cubierta vegetal
29. Destrucción y fragmentación de hábitat de la flora, vegetación y fauna
30. Destrucción de especies endémicas
31. Afectación a la diversidad
32. Realización de rehabilitación biológica.
33. Revegetación espontánea de algunas especies vegetales.
34. Migración de especies animales.
35. Destrucción de la microfauna.
36. Aparición de algunas especies animales (reptiles y aves pequeñas).
37. Deterioro de la calidad del paisaje
38. Mejoramiento de la calidad paisajística.
39. Cambio del uso del suelo (de forestal a minero)
40. Entrega de las áreas rehabilitadas al patrimonio forestal.
41. Incremento en el número de accidentes

42. Aumento del riesgo de enfermedades y molestias por la acción del polvo.
43. Atenuación de las afectaciones por la acción del polvo.
44. Incremento de la red vial y eléctrica.
45. Incremento del empleo fijo
46. Incremento de las ganancias por la extracción y transportación de mineral.
47. Creación de empleos temporales.
48. Realización de inversiones.
49. Incremento del valor del suelo.
50. Mejoras en las condiciones de vida de los trabajadores.
51. Incremento de las posibilidades de intervención de empresas de servicios.
52. Destrucción de la armonía paisajística
53. Mejoramiento de la red de transporte.
54. Variación demográfica.
55. Mejoramiento de las comunicaciones.
56. Cambios en la morfología.
57. Disminución del atractivo paisajístico y aptitud para el recreo.
58. Permanencia de huecos y lagunas.
59. Vertido de estériles y materiales no aprovechables.
60. Enriquecimiento de la diversidad cultural

A continuación se muestran los indicadores media ambientales con sus factores ambientales correspondientes:

Aire

1. Concentración de Monóxido de carbono (CO)
2. Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NO₂)
3. Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂)
4. Concentración de Ozono
5. Material particulado (PM₁₀, PM₂₅, Polvo)
6. Ruido

Agua

7. Partículas en suspensión
8. Turbidez
9. Ph
10. Temperatura

- 11. Porcentaje de la red de drenaje
- 12. Nivel piezométrico

Suelo

- 13. Nivel de compactación del suelo
- 14. Erosión del suelo
- 15. Nivel de humedad
- 16. Pendiente por superficie afectada
- 17. Espesor de capa fértil
- 18. Salinidad
- 19. Ph
- 20. Capacidad de retención de agua
- 21. Textura
- 22. Color

Clima

- 23. Temperatura.
- 24. Cantidad de precipitaciones.

Flora y Vegetación

- 25. Diversidad
- 26. Especies amenazadas
- 27. Cantidad de árboles observables
- 28. Porcentaje de superficie cubierta

Fauna

- 29. Especies amenazadas
- 30. Diversidad de especies
- 31. Movilidad de especies

Paisaje

- 32. Cantidad de árboles observables
- 33. Calidad visual
- 34. Calidad del paisaje

Uso del suelo

- 35. Uso del suelo

Población

- 36. Salud e higiene
- 37. Nivel de empleo

Infraestructura

- 38. Nivel de afectación por construcción de redes eléctricas

Economía

- 39. Nivel de empleo
- 40. Incremento de los ingresos
- 41. Nivel de inversiones
- 42. Valor del suelo

43. Calidad de vida
Geología y Geomorfología

- 44. Carácter del relieve
- 45. Erosión

En la siguiente figura se muestra como se relacionan el impacto ambiental y el indicador ambiental.

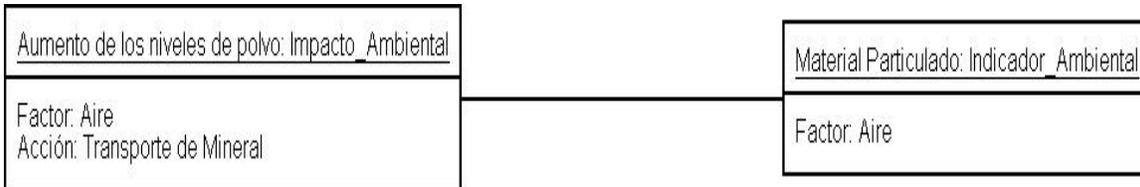


Fig. 19. Relación entre el impacto ambiental y el indicador ambiental.

Medidas correctoras

1. Instalación de dispositivos adecuados de eliminación de la contaminación (filtros) en todo el equipamiento que funciona con diesel y con gasolina, plantas de preparación mecánica por vía seca y cerciorarse que estos funcionen adecuadamente.
2. Colocar durante la perforación filtros de manga, que permitan la captación directa del polvo.
3. Exigir que se utilice la tecnología más adecuada para asegurar que la emisión de polvo y gases se mantengan en niveles aceptables para el trabajo de los obreros
4. Regar agua en los frentes de trabajo, almacenes a cielo abierto de mineral y en la red vial para disminuir el proceso de deflación.
5. Cubrir las superficies desnudas con cobertura herbácea para disminuir la erosión eólica y por tanto la contaminación eólica.
6. Controlar la calidad del aire a través de análisis y monitoreos hechos al menos una vez al año dentro del yacimiento y en sus zonas aledañas.
7. Mantener un riego sistemático de agua en los caminos.
8. Llevar a cabo monitoreos atmosféricos ambientales, en las zonas del yacimiento.

9. Presentar un calendario de mantenimiento anual, con la obligación de realizar mantenimiento semanal de la maquinarias y herramientas mineras.
10. Mejoramiento de las vías de acceso principales al yacimiento y cumplimiento del régimen de velocidad de circulación establecido para los vehículos.
11. Aislamiento de la Planta de Preparación Mecánica mediante pantallas sónicas.
12. Observar los procedimientos correctos en el proceso de voladura empleando las cargas explosivas mínimas.
13. Utilizar explosivos de baja intensidad, preparación de espaciamiento de la carga.
14. Realizar un control y una evaluación periódica de los silenciadores de los motores.
15. utilizar tecnologías de arranques modernas.
16. Implementar un retacado cuidadoso en el proceso de carga de los barrenos.
17. El control de las detonaciones se debe realizar de acuerdo a las normas de las vibraciones establecidas en la industria minera.
18. Detonar las cargas explosivas de cada barreno en diferentes momentos.
19. Disminuir la altura del frente de exposición.
20. utilizar los estériles del yacimiento para construir barreras contra el ruido.
21. Exigir el uso protectores auditivos, mientras los mineros permanecen en las labores mineras.
22. Realizar trabajos de laboreo mineros en horarios que no alteren las actividades de la población.
23. Utilizar explosiones con micro retardos para disminuir la actividad sísmica.
24. Emplear silenciadores en motores y plantas.
25. Realizar análisis y monitoreo para las emisiones de ruido al menos una vez al año dentro del yacimiento y en sus zonas aledañas.
26. Implementar un retacado cuidadoso en el proceso de carga de los taladros, para disminuir los efectos de la voladura.

27. Ubicar la toma de agua para uso y consumo de la población, fuera de la zona de influencia de la extracción y facilitar a la comunidad afectada los medios para la instalación y acopio de agua potable.
28. Realizar análisis de las aguas residuales para evaluar el impacto y tomar las medidas pertinentes de acuerdo con la afectación.
29. Mantenimiento y/o reparación de la piscina de recirculación del agua.
30. Construcción de un depósito para realizar el vertido de los sedimentos (lodos) y cumplir las medidas de utilización que existen al respecto (fabricación de productos cerámicos, de hormigón, etc.) de forma tal que se consuma todo el material que se produzca.
31. Construir balsas de decantación teniendo en cuenta las características, volúmenes de agua y sólidos que captará.
32. Realizar estudio hidrogeológico detallado.
33. No afectar las franjas de protección de ríos, arroyos u otras zonas no planificadas en el proyecto.
34. Incluir acciones regulativas respecto a la contaminación del agua por deposición de sólidos.
35. Saneamiento de aguas residuales o aguas servidas domésticas de los acuíferos locales.
36. Implementar puntos de captación, sumideros, lagunas, o tanques sépticos en el sitio de estudio.
37. Realizar un tratamiento especial a los efluentes líquidos.
38. Cumplir con los niveles permitidos de descarga de sólidos en las aguas.
39. Realizar obras de drenajes en el área al ser explotadas con el objetivo de desviar las aguas superficiales (pluviométricas) así como en los lugares donde se ubica el estéril y la deposición de desechos además de garantizar un buen funcionamiento de las balsas de decantación.
40. No permitir el lavado de equipos de transporte y maquinarias en el río y luchar contra el derrame de sustancias combustibles y lubricantes
41. Minimizar las afectaciones a las áreas de vegetación.

42. El suelo como sostén fundamental de la vida vegetal animal se debe separar durante el período de operación de un yacimiento, y luego se lo debe reinstalar en un período de tiempo corto, mientras tanto, este debe permanecer acumulados en montículos o escombreras de poca elevación, con el fin de evitar su compactación, igualmente se lo debe revegetar para que no pierda sus propiedades químicas, siendo las leguminosas unas de las principales vías para fijar el nitrógeno del aire en el suelo enriqueciéndolo de esta forma.
43. Para minimizar la erosión del suelo se debe realizar una siembra con herbáceas de tal forma que se cree una alfombra protectoras.
44. Se debe proceder a la revegetación de la zona con arbustos y árboles propios de la zona de estudio.
45. Realizar un tratamiento del suelo, para conocer el grado de contaminación del mismo.
46. Descontaminación o recuperación del suelo.
47. Al realizar la remoción parcial o total de los suelos, debe realizarse con transporte y disposición planificación de los residuos.
48. Realizar con antelación los proyectos de rehabilitación de las áreas en explotación.
49. Elaborar un plan de manejo para el yacimiento teniendo en cuenta la legislación vigente.
50. Mantenimiento y estabilización de taludes y bloques.
51. Aprovechar los recursos maderables de las futuras áreas de minería.
52. Remodelar la topografía alterada de modo que se ajuste lo más posible a lo natural
53. Implementar medidas con el objeto de reducir la visibilidad de las instalaciones, ya sea localizándola de modo que se evite la percepción visual de observadores externos.
54. Utilizar cortinas vegetales o pilas de estéril con cobertura herbácea, para evitar al máximo algunos visuales desagradables.

55. Remodelación de las superficies topográficas y paisaje, a través de terraplenes.
56. Circunscribir al mínimo la zona de emplazamiento.
57. Conservar la capa vegetal para su posterior reubicación.
58. Crear pantallas vegetales para atenuar el impacto visual que provoca la extracción minera y la erosión eólica.
59. Elección correcta del área de desbroce para la apertura de los frentes.
60. Estudio anterior a la explotación de las especies presentes que serán eliminadas para su posterior reposición.
61. Selección y extracción de semillas y plantas, con el objetivo de aviverar especies endémicas para la rehabilitación de las áreas minadas.
62. Creación de viveros con plantas autóctonas
63. Remodelación y protección de taludes, para atenuar la acción de la erosión y favorecer la implantación de la cubierta vegetal.
64. Reducir al mínimo las áreas a desbrozar
65. Reforestar la zona con árboles y arbustos propios del lugar favoreciendo el desarrollo natural de las especies. Estas plantaciones deben realizarse en fajas horizontales, siguiendo la plataforma de los bancos que queden después de la explotación, y conformarán una serie de terrazas que ayudarán a conservar el terreno, evitando y deteniendo la erosión.
66. Propiciar con medidas complementarias el retorno de los representantes de la fauna del territorio.
67. Mantener vedadas aquellas especies sobre las cuales existen evidencias de peligro de extinción.
68. Dar prioridad a una investigación, dirigida a evaluar el estado y la tendencia de la población de los animales presentes en el yacimiento.
69. Aplicar métodos de cuidado y vigilancia, con el fin de minimizar las alteraciones sobre la vida animal en las distintas fases del sistema de explotación.
70. Diseño y construcción de depósitos de agua para mejorar la calidad del paisaje y favorecer la rehabilitación biológica.

71. Realizar un estudio detallado sobre la fauna, con el objetivo de proteger las especies raras o en fase de extinción.
72. Reforzar e implementar un plan de vigilancia en el área, bajo un régimen especial definiendo sus límites y normas de uso.
73. Tratar de disminuir en lo posible el ruido en alto decibeles en los frentes de explotación, utilizando equipamiento moderno; para facilitar poco a poco el incremento de la fauna en el área del yacimiento.
74. Fomentar la reproducción de especies de flora y fauna más afectadas por proyecto.
75. Incentivar el conocimiento de la población sobre las especies de la flora y la fauna más afectadas por el proyecto para lograr su protección.
76. Realizar estudios de mercados que permitan establecer una correcta relación entre oferta y demanda.
77. Implementar controles de calidad al producto Final para eliminar las no conformidades de los clientes.
78. Apoyar programas de salud dirigidos al asentamiento poblacional cercano al yacimiento.
79. Reparación, mejoramiento y mantenimiento de las vías de acceso al yacimiento, con el fin de evitar accidentes.
80. Establecimiento de un canal de negociación y dialogo con la comunidad afectada por los impactos negativos resultantes de la actividad en el Yacimiento.
81. Instruir a los trabajadores mineros sobre la importancia del respeto y valores culturales, y sensibilizarlos en sus tradiciones y estilo de vida, incluyéndolos como cursos en los planes de capacitación.
82. Introducir la dimensión ambiental como parte de la educación formal e informal, especialmente en lo relacionado a la minería en el cuidado al medio ambiente.
83. Motivar a los trabajadores sobre las bondades de la naturaleza, e instruirlo sobre el conocimiento de la incidencia que producen los impactos en el medio ambiente, y la manera más adecuada de atenuarlo.

84. Extraer la capa fértil del suelo, cumpliendo todas las medidas necesarias para su protección desde la etapa de arranque, almacenaje, depósito y conformación en las nuevas áreas.
85. Las vías de acceso deben construirse según el pasaporte técnico de los mismos.
86. Diseñar modelos de los terrenos que permita la utilización productiva y ecológica de los mismos.
87. Cumplir con el cronograma de rehabilitación
88. Realización de mejoras edáficas a los terrenos minados.
89. Siembra de gramíneas, para favorecer la protección del suelo contra la erosión y creación de un nuevo sustrato.
90. Utilizar los escombros en la lucha contra la erosión.
91. Emplear gaviones en los lugares más críticos para evitar la erosión y el derrumbe de las riberas.
92. Cumplir con las medidas de seguridad personal e industrial.
93. Descompactación adecuada de los suelos para realizar la revegetación.
94. Favorecer a los vecinos del lugar con los medios de transporte de la empresa y el abasto de agua.
95. Mantener el programa de educación para la salud.

Capítulo 3 LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ONTOLOGÍA

El desarrollo de ontologías es un proceso complicado que exige la toma de decisiones de diseño y la iteración sobre sucesivas versiones de la representación, por lo que se hace necesario el uso de herramientas de apoyo durante todo el proceso. La mayor parte de las herramientas disponibles son editores, que permiten definir conceptos, relaciones, restricciones e individuos de forma visual, importar elementos de otras ontologías y asociar información de versión a los sucesivos prototipos. Existen también algunos programas para la adquisición automática de conocimiento, pero no son de uso de general debido a que sólo funcionan adecuadamente cuando se aplican al dominio concreto para el que fueron contruidos.

En este capítulo se analizan las Herramientas y lenguajes que se utilizan para la creación de ontologías. Se analizan las características generales del editor Protégé. También se analizan las características del Lenguaje Clips que es el utilizado para la implementación del razonador que dará respuesta a las preguntas de competencia.

Se muestra la implementación de la ontología en Protégé; así como la implementación del razonador en clips y como se utiliza.

3.1 Ontología EIA Minera en Protégé.

3.1.1 Características generales de Protégé.

En la actualidad, de todos los editores el que tiene más éxito y se utiliza más ampliamente es Protégé.

Protégé es un editor de ontologías y bases conocimiento desarrollado por la división de informática médica de la Universidad de Stanford. Los estudios comparativos realizados con otros entornos presentan a Protégé como una herramienta para la representación del conocimiento que no requiere mucho conocimiento previo sobre el lenguaje que se pretenda utilizar (además de ser bastante independiente), con una interfaz gráfica práctica y un funcionamiento correcto con ontologías de pequeño y gran tamaño.

La estructura subyacente a cualquier proyecto de Protégé está formada por clases, propiedades e instancias que se organizan jerárquicamente. Protégé ofrece un entorno visual para definir de forma sencilla estos elementos de la ontología, facilitando el proceso de desarrollo y mantenimiento.

Protégé permite realizar las siguientes tareas:

- **Modelado de clases.** Protégé proporciona una interfaz gráfica para definir clases, atributos y relaciones.
- **Edición de instancias.** Protégé genera automáticamente formularios asociados a las clases para permitir que el ingeniero del conocimiento o el experto pueda introducir cómodamente instancias.

3.1.2 Implementación de la ontología en Protégé

Al implementar la ontología Evaluación de impacto ambiental minero en Protégé, primeramente se crearon las clases definidas en el capítulo 2.

Todas las clases más generales van a ser subclases de la clase THING.

Primero se crearon las clases de la jerarquía de sistema, luego se crearon las clases de la jerarquía de Proyecto cada una con sus propiedades o slots. (Ver Fig. 3.1 y 3.2).

A continuación se crean las subclases de factor ambiental que va a ser los factores agua, clima etc., (ver fig.).

Se crearon las clases Impacto Ambiental, Medias Corretoras, Indicador Ambiental, Función Transformación, Importancia Impacto cada una con sus slots. (Ver figuras 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7).

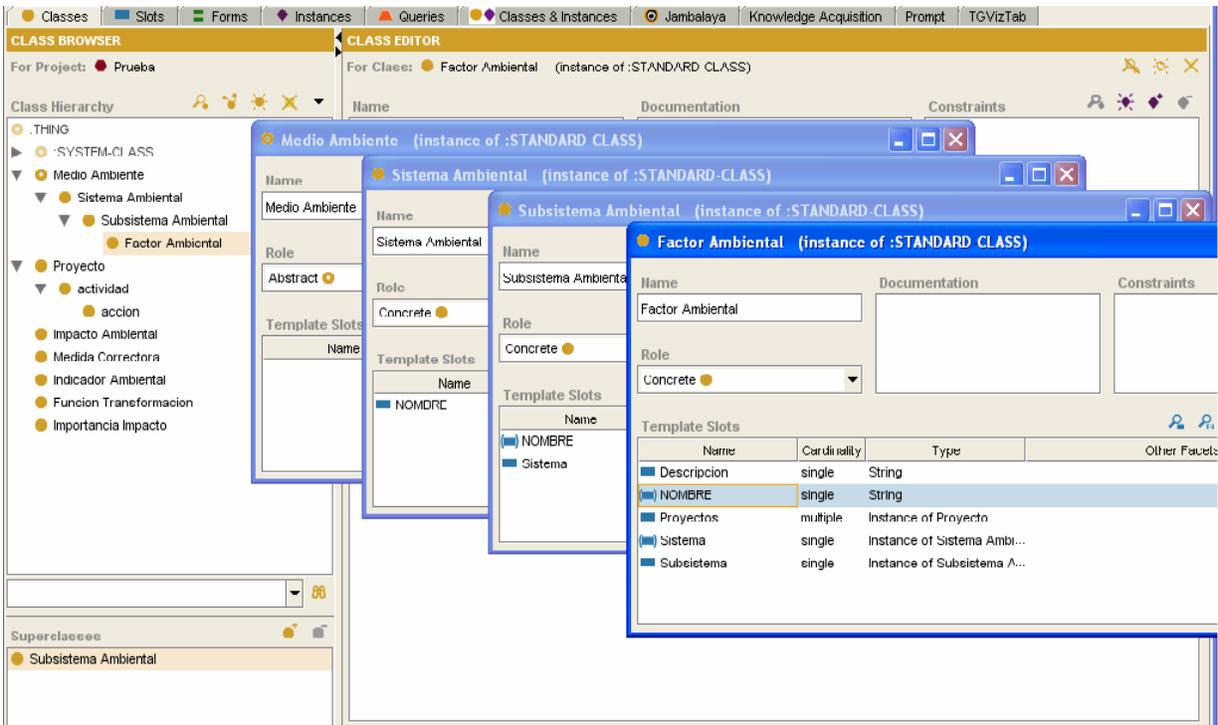


Figura3.1 Jerarquía de sistema

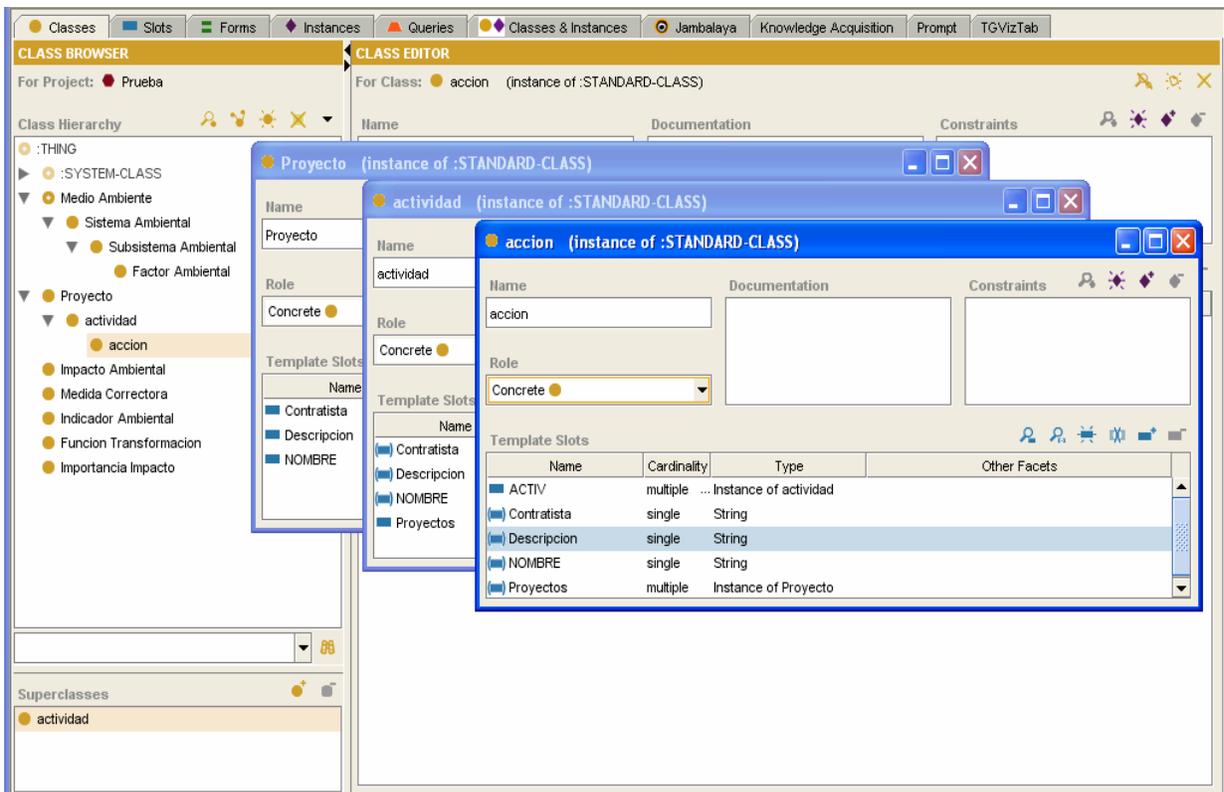


Figura3.2. Jerarquía de Proyecto

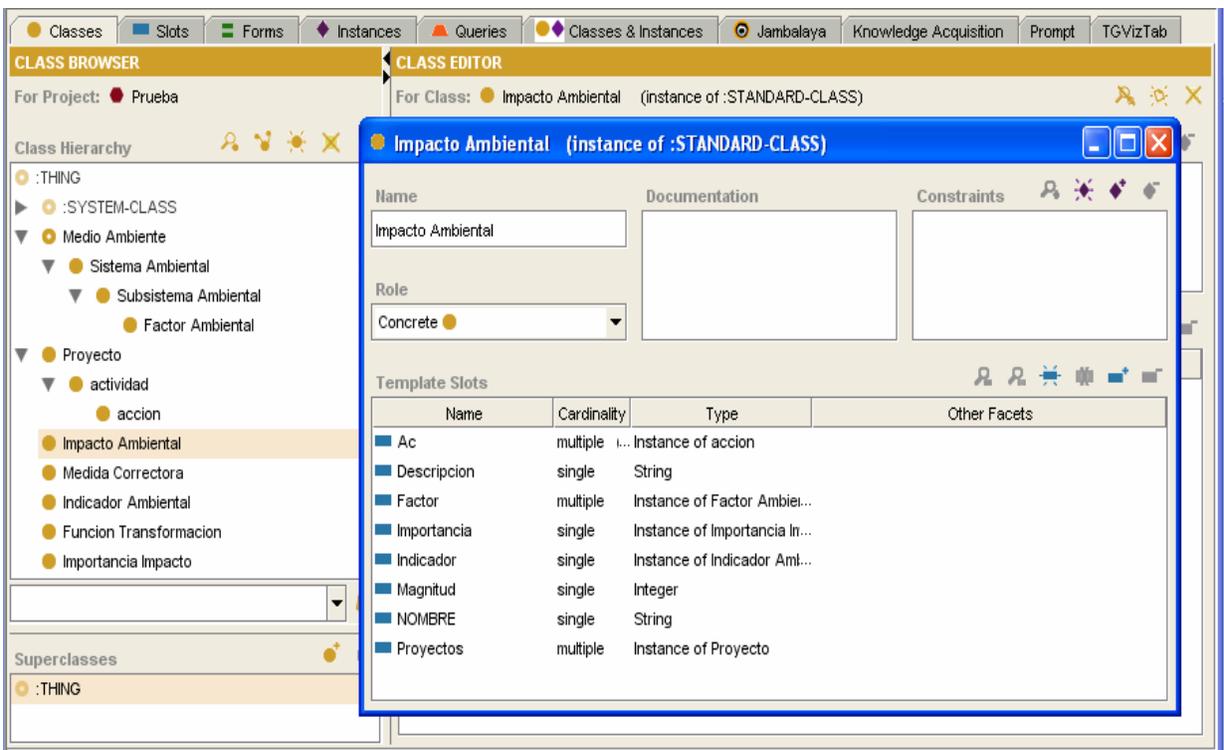


Fig. 3.3. Declaración de la Clase Impacto Ambiental.

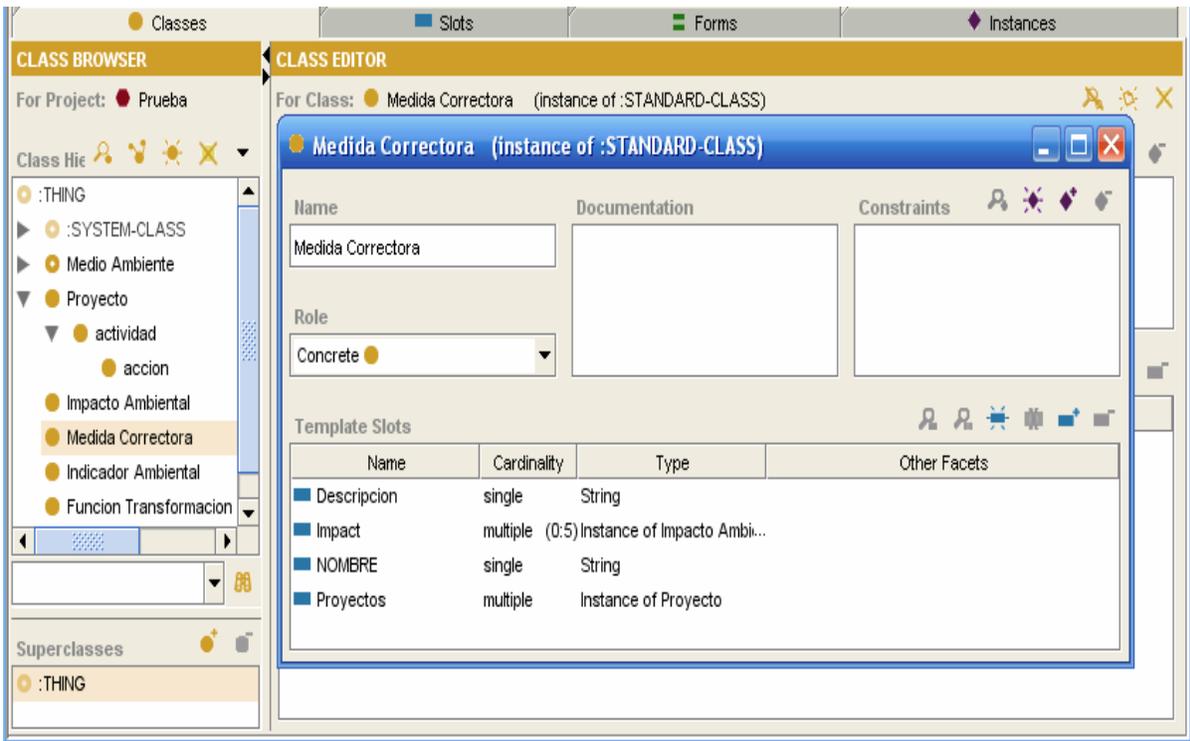


Fig. 3.4. Declaración de la clase Medidas correctoras.

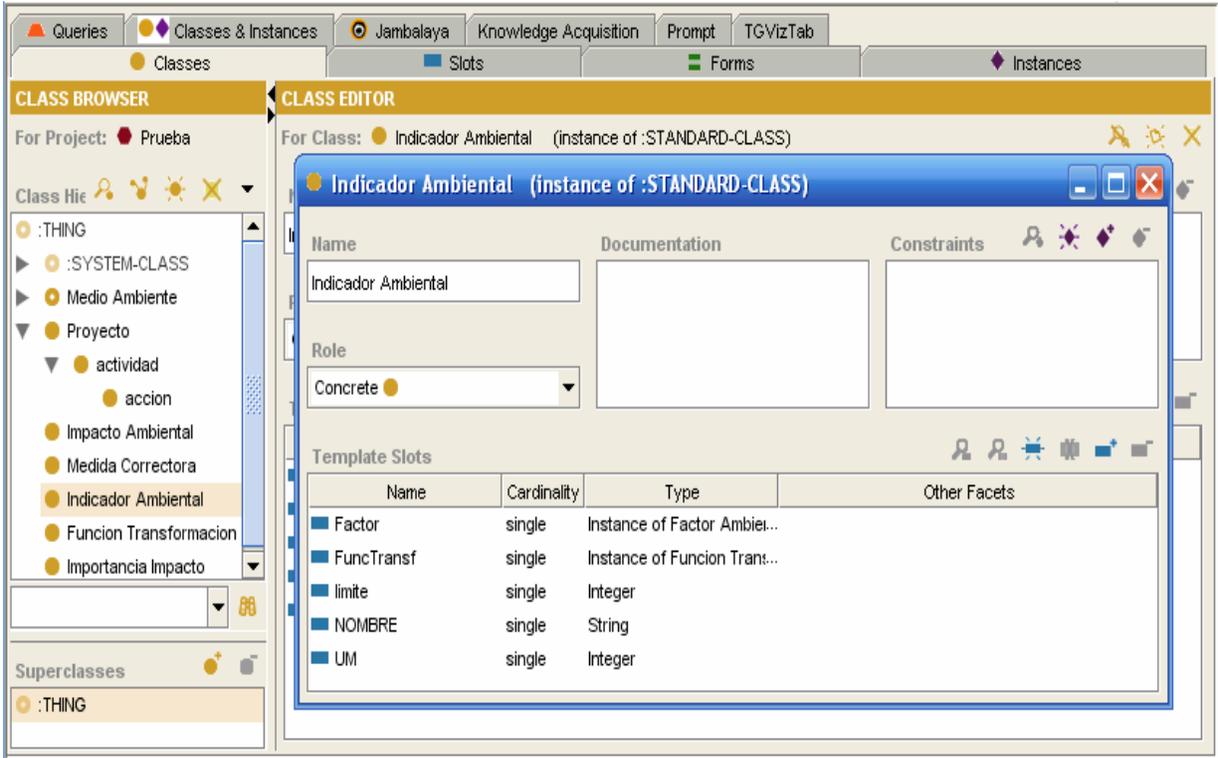


Fig. 3.5. Declaración de la clase indicador ambiental.

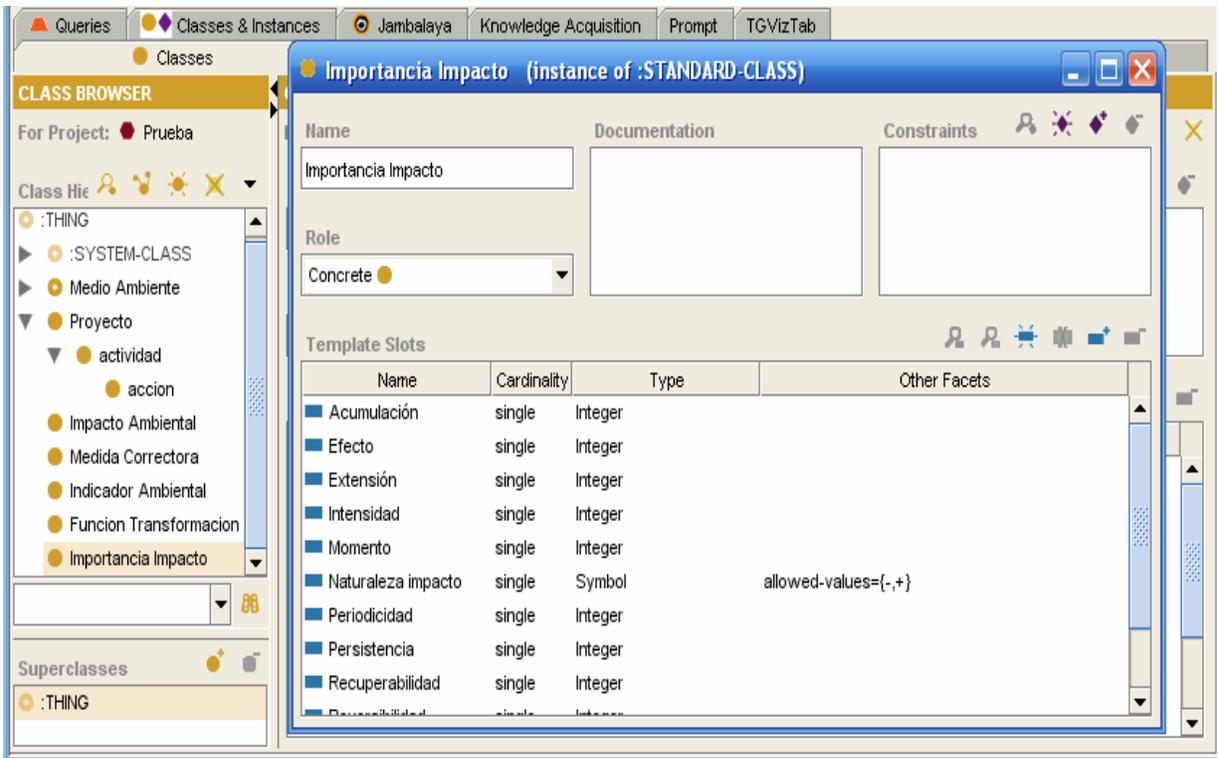


Fig. 3.6. Declaración de la clase importancia impacto.

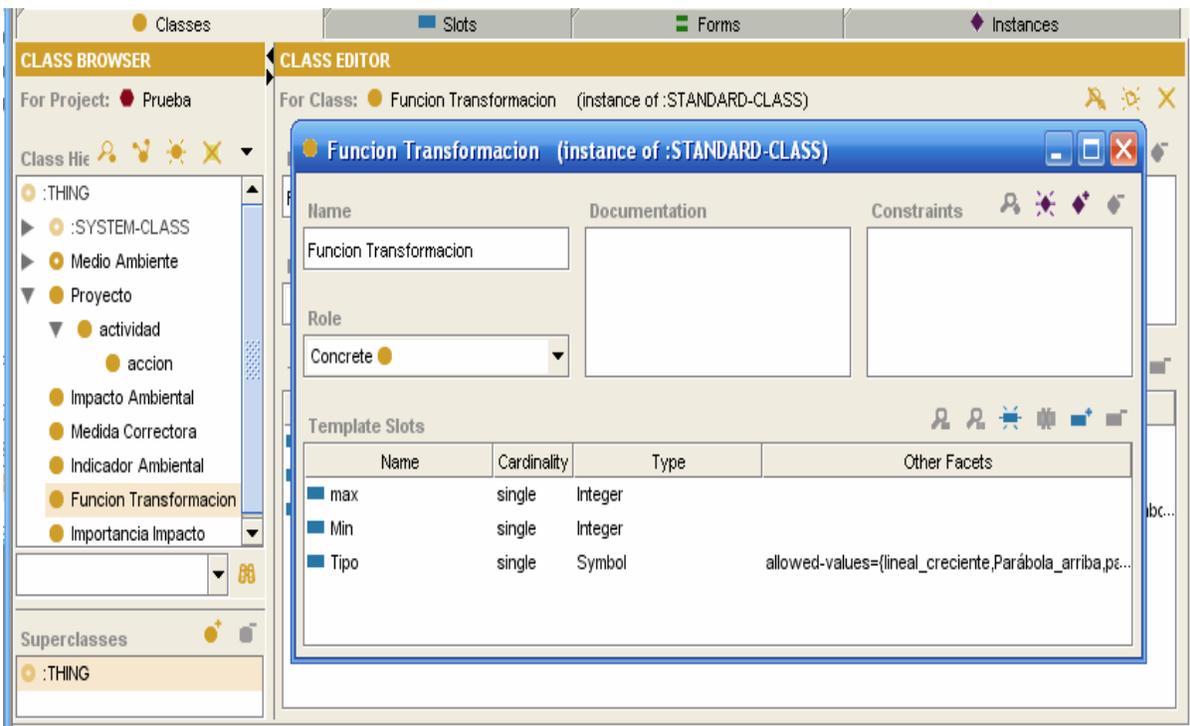


Fig. 3.7. Declaración de la Clase función transformación

En la figura 3.8 se muestra las clases que heredan Factor ambiental.

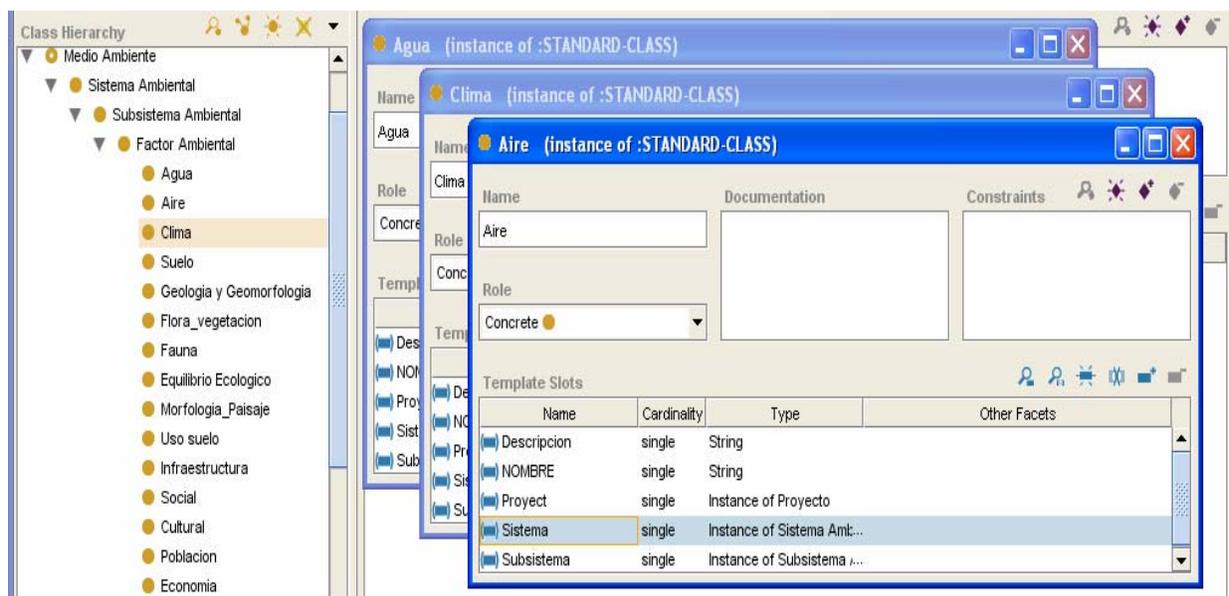


Fig. 3.8. Clases que heredan de Factor ambiental

Se crearon las instancias de la clase Sistema como se muestran en la figura 3.9.

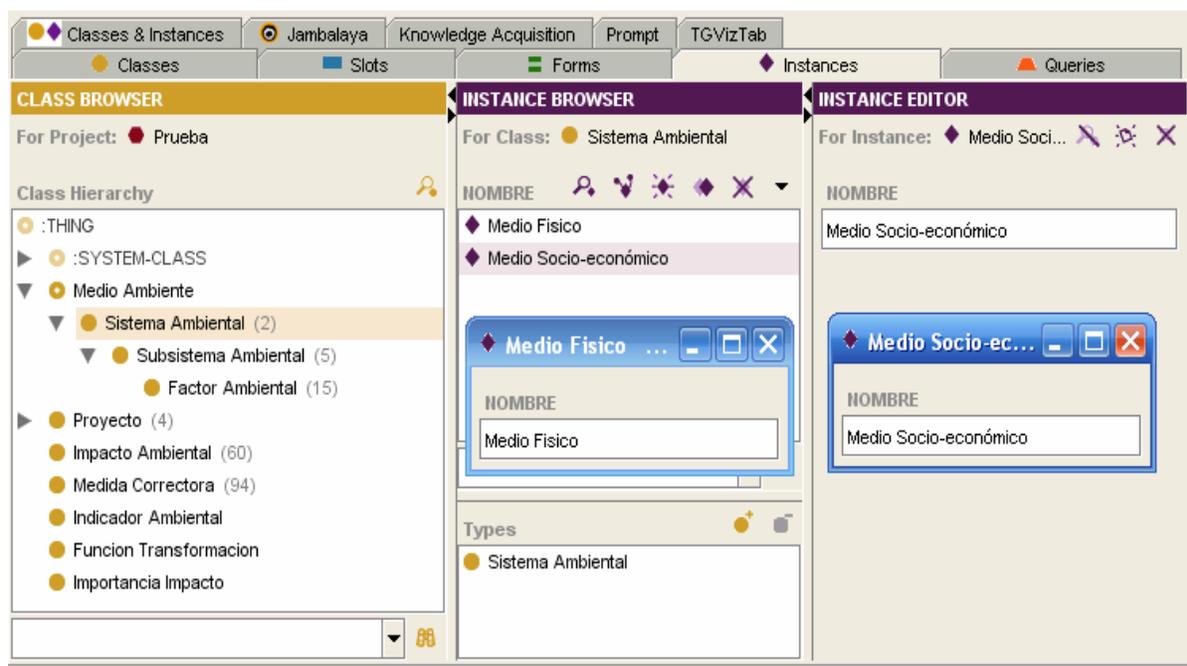


Fig. 3.9. Instancias de la Clase Sistema.

Se crearon las instancias de la Clase Subsistema como se muestra en la figura 3.10.

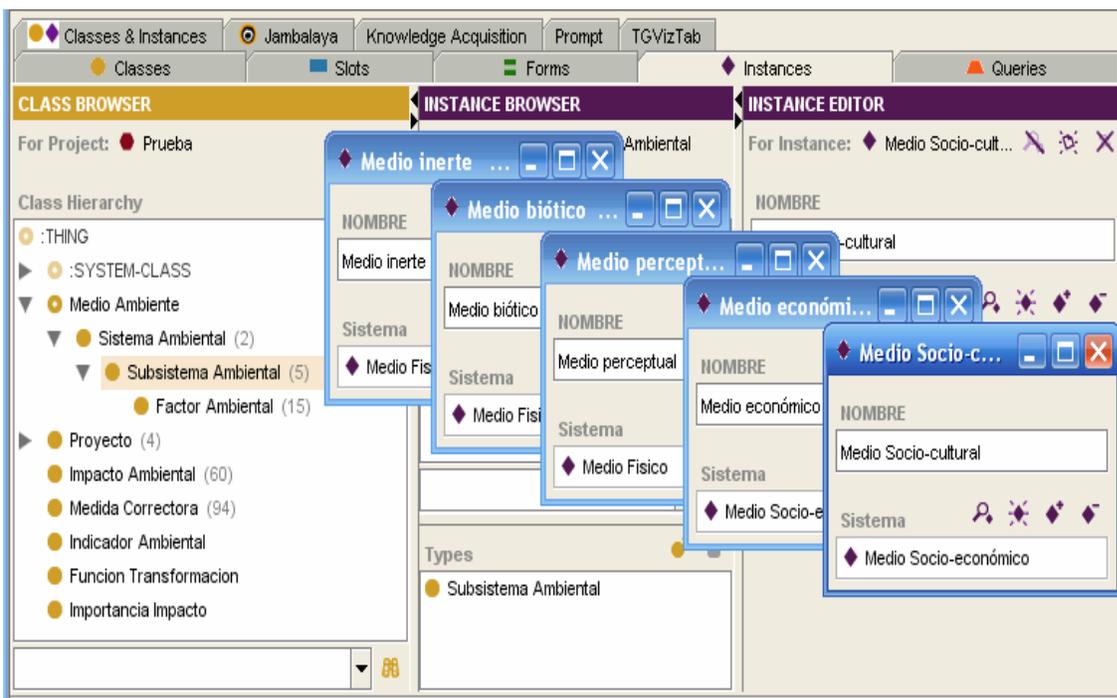


Fig. 3.10. Instancias de la clase Subsistema.

En la figura 3.11 se muestran las instancias de la clase proyecto

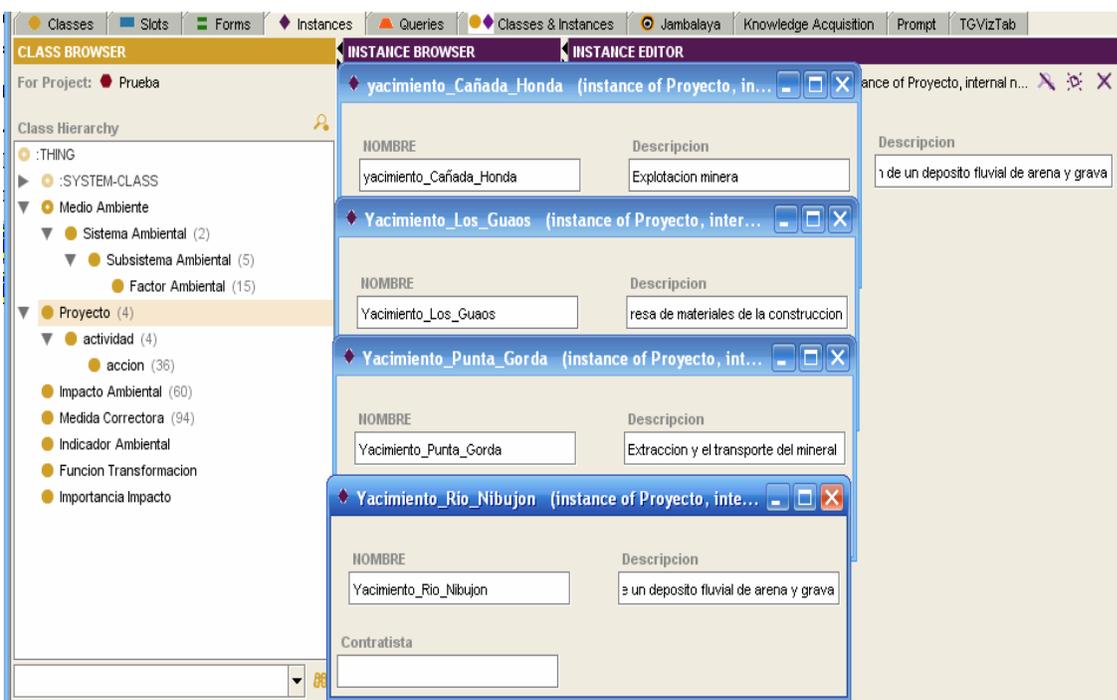


Fig. 3.11. Instancias de la clase Proyecto

En la figura 3.12 se muestran las instancias de la clase Actividad.

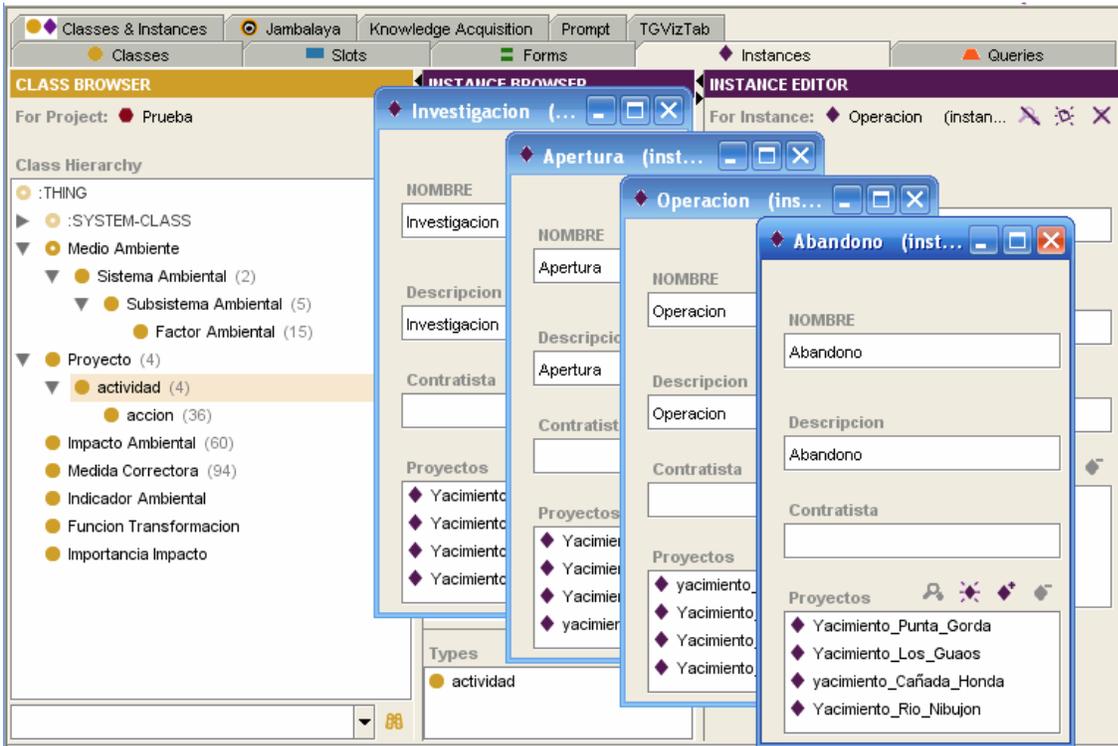


Fig. 3.12. Instancias de la clase Actividad.

En la figura 3.13 se muestra es un ejemplo de las instancias de la clase Acción.

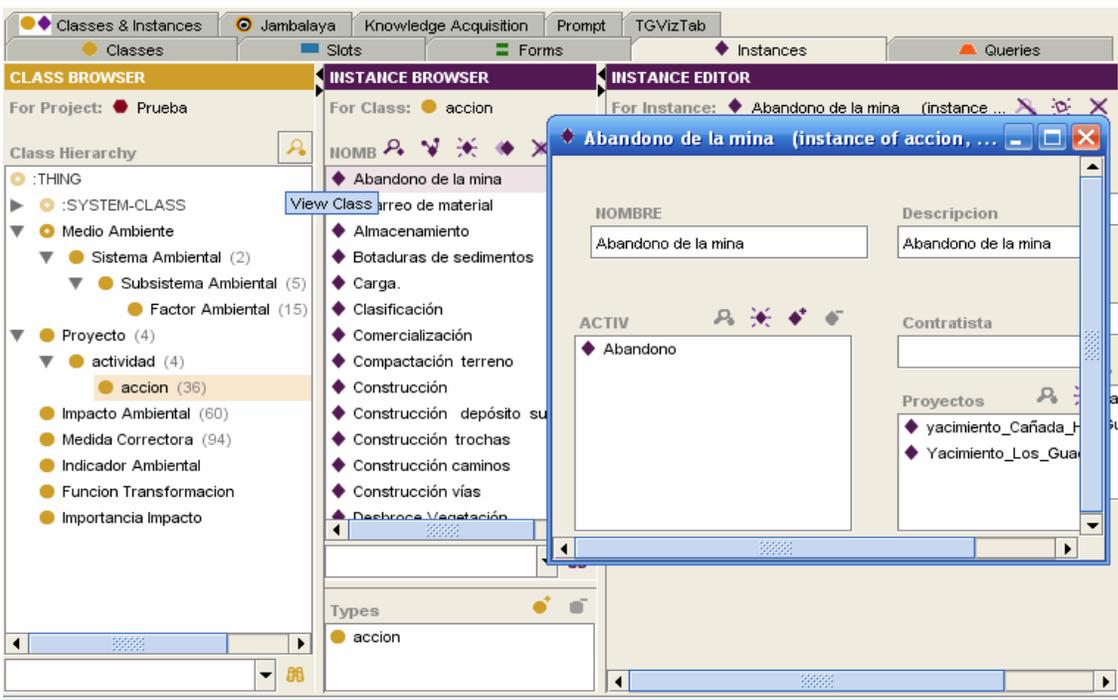


Fig. 3.13. Instancias de la clase Acción.

En la figura 3.14 se muestra es un ejemplo de las instancias de la Clase impacto ambiental.

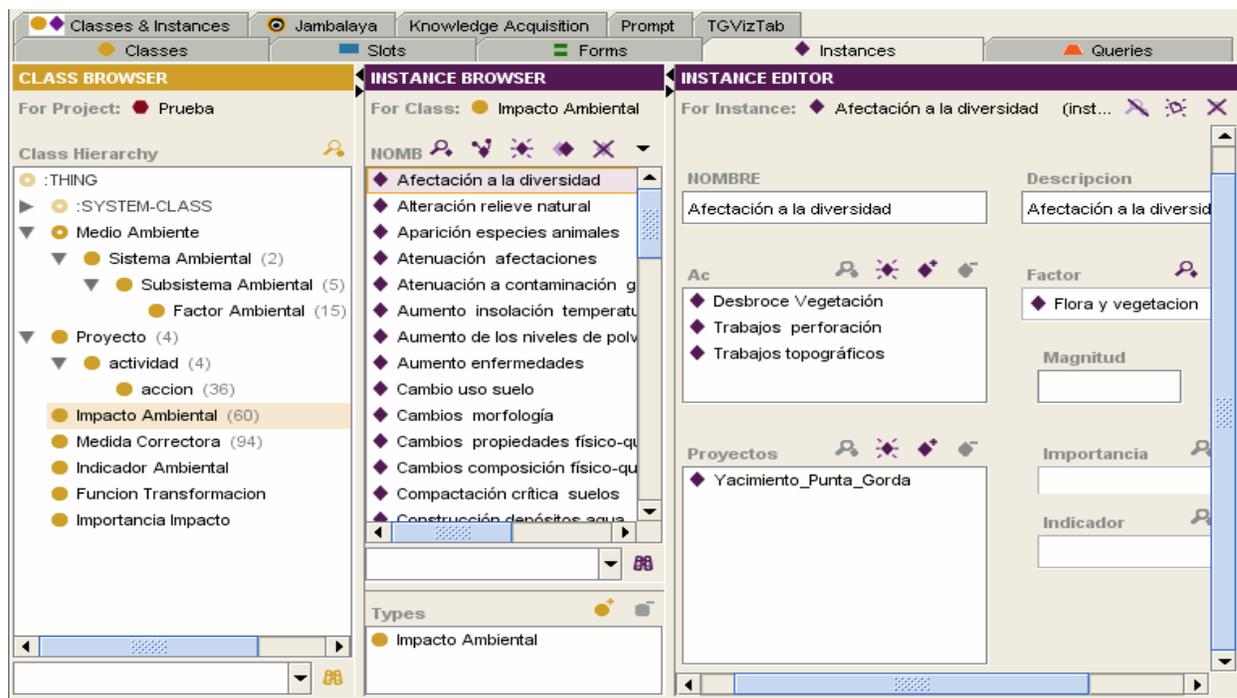


Fig. 3.14. Instancias de la clase impacto ambiental.

En la figura 3.15 se muestra es un ejemplo de las instancias de la clase Medidas Correctoras.

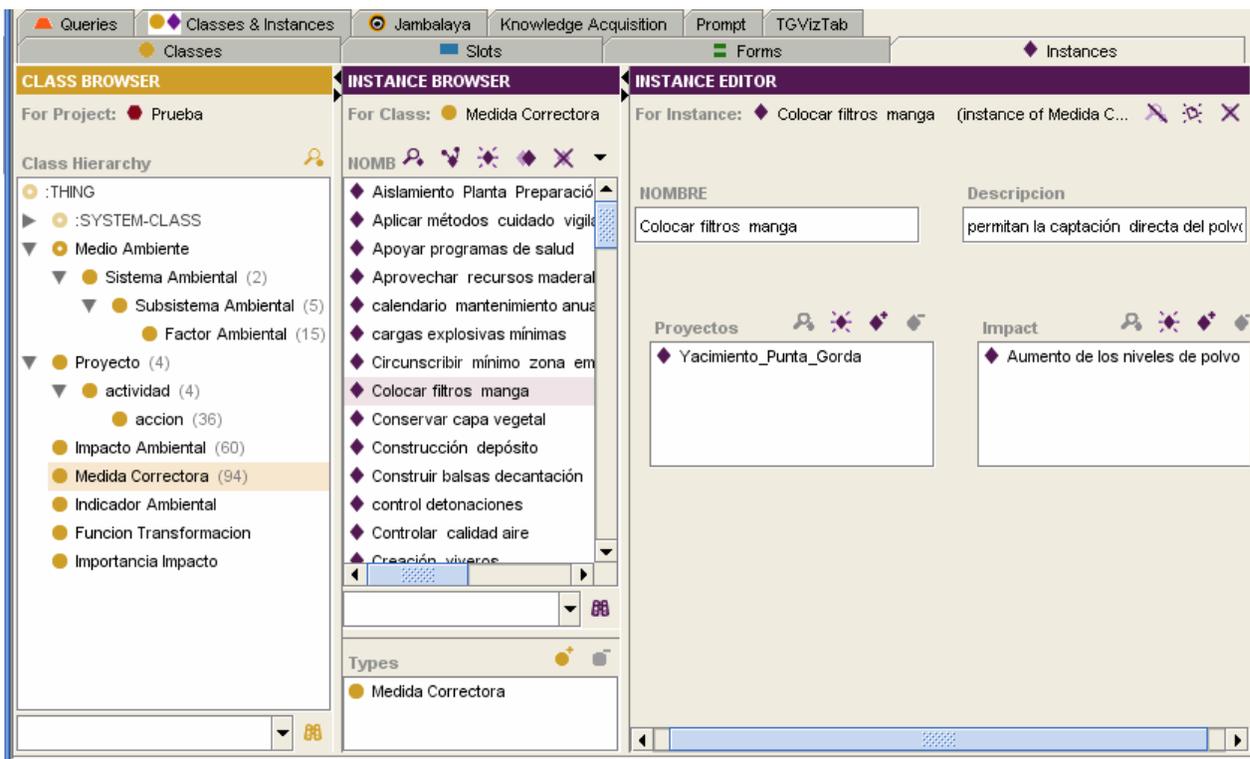


Fig. 3.15. Instancias de la clase Medidas Correctoras.

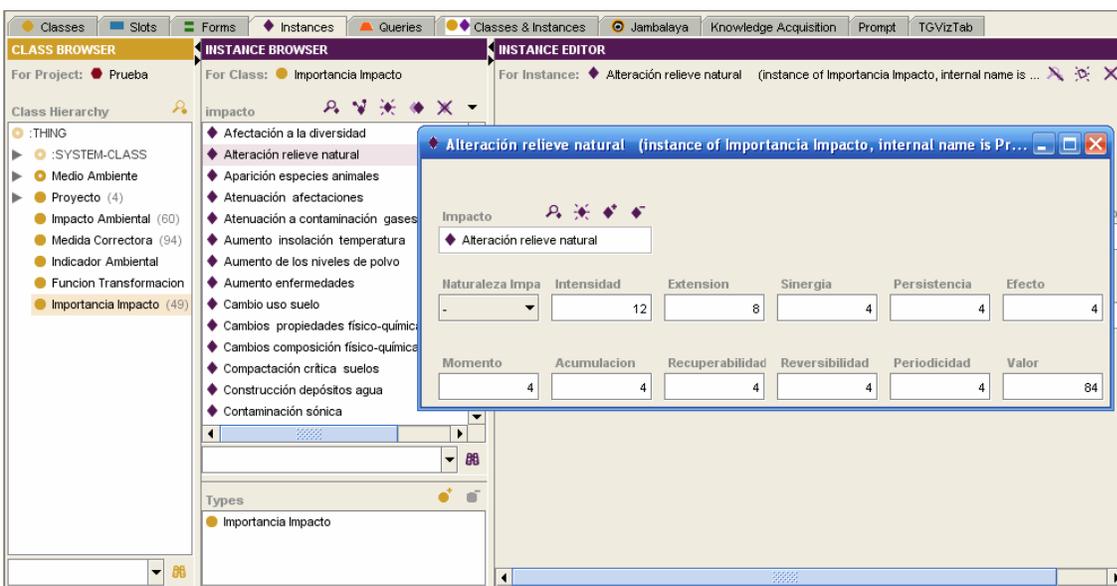


Fig. 3.16. Instancias de la clase importancia impacto

3.2 Archivos que se generan y cómo se utilizan.

El editor de ontologías Protégé genera un archivo de extensión Pins que contiene todas las instancias creadas en el proyecto. Se genera un archivo de extensión pont que contiene todas las clases y sus relaciones.

La información de estos archivos fue tomada para crear en clips los archivos siguientes:

Clases(Ontologia).CLP: Contiene todas las clases y las relaciones entre ellas.

factores.CLP: Contiene las instancias de los factores ambientales.

Importancia+Impacto.CLP: Contiene las instancias de la clase Importancia+Impacto.

Medida+Correctora.CLP: Contiene las instancias de la clase Medida+Correctora.

Instances(ontologia).CLP: Contiene las instancias de las clases restantes.

Para utilizar estos archivos, es necesario cargarlos desde Clips, mediante de instrucción Load.

3.3 Implementación del razonador en CLIPS

3.3.1 Preguntas de competencia.

Una de las formas de determinar el ámbito de una ontología consiste en esbozar una lista de preguntas que la ontología debe ser capaz de contestar, lo que se llaman preguntas de competencia. Estas preguntas establecerán el límite de lo que debe representarse, de forma que la ontología contenga suficiente información y al nivel de detalle adecuado para responder a estas preguntas. Las preguntas de competencia no tienen por qué ser exhaustivas, basta con que sean un bosquejo de lo que se pretende obtener con la ontología.

En nuestro caso, las siguientes cuestiones servirían como preguntas de competencia:

1. ¿El proyecto X que factores impacta?
2. ¿El factor F pertenece al Sistema M?
3. ¿El factor F pertenece al Subsistema M?
4. ¿Qué subsistema pertenecen al sistema M?
5. ¿Qué factores pertenecen al subsistema M?

6. ¿El proyecto P que actividades realiza?
7. ¿La actividad A que acciones realiza?
8. ¿Qué proyecto(os) realiza (an) la actividad A?
9. ¿La acción Ac a que actividad pertenece?
10. ¿Qué factores ambientales son afectados por la acción Ac?
11. ¿Qué impacto provoca la acción Ac?
12. ¿Qué acción provoca el impacto I?

3.3.2 Características generales de CLIPS.

CLIPS son las iniciales de C Language Integrated Production System y es una herramienta para la construcción de sistemas expertos. Es decir, es una herramienta diseñada para el desarrollo de software que requiere de conocimiento humano. Los creadores de CLIPS son la NASA, y hoy en día es utilizado en la industria, instituciones gubernamentales y educacionales. Soporta los paradigmas de programación procedural y orientado a objetos. Se puede obtener la última información referente a CLIPS en la “CLIPS home page” cuya dirección es

<http://krakatoa.jsc.nasa.gov/~clips/CLIPS.htm>.

Entre las características principales de CLIPS encontramos:

- ✓ **Representación del Conocimiento:** CLIPS permite manejar una amplia variedad de conocimiento, soportando tres paradigmas de programación: el declarativo, el imperativo, y el orientado a objetos. La programación lógica basada en reglas permite que el conocimiento sea representado como reglas heurísticas que especifican las acciones a ser ejecutadas dada una situación. La POO permite modelar sistemas complejos como componentes modulares. La programación imperativa permite ejecutar algoritmos de la misma manera que en C, Java, LISP y otros lenguajes.
- ✓ **Portabilidad:** CLIPS fue escrito en C con el fin de hacerlo más portable y rápido, y ha sido instalado en diversos sistemas operativos (Windows 95/98/NT, MacOS X, Unix) sin ser necesario modificar su código fuente. CLIPS puede ser ejecutado en cualquier sistema con un compilador ANSI de C, o un compilador de C++. El código fuente de CLIPS puede ser modificado

en caso que el usuario lo considere necesario, con el fin de agregar o quitar funcionalidades.

- ✓ **Integrabilidad:** CLIPS puede ser embebido en código imperativo, invocado como una sub-rutina, e integrado con lenguajes como C, Java, FORTRAN y otros. CLIPS incorpora un completo lenguaje orientado a objetos (COOL) para la elaboración de sistemas expertos. Aunque está escrito en C, su interfaz más próxima se parece a LISP. Pueden escribirse extensiones a CLIPS sobre C, y al contrario, CLIPS puede ser llamado desde C. CLIPS puede ser extendido por el usuario mediante el uso de protocolos definidos.
- ✓ **Desarrollo Interactivo:** La versión estándar de CLIPS provee un ambiente de desarrollo interactivo y basado en texto; este incluye herramientas para la depuración, ayuda en línea, y un editor integrado. Las interfaces de este ambiente tienen menús, editores y ventanas que han sido desarrollados para MacOS, Windows 95/98/NT, X Window, entre otros.
- ✓ **Verificación/Validación:** CLIPS contiene funcionalidades que permiten verificar las reglas incluídas en el sistema experto que está siendo desarrollado, incluyendo diseño modular y particionamiento de la base de conocimientos del sistema, chequeo de restricciones estático y dinámico para funciones y algunos tipos de datos, y análisis semántico de reglas para prevenir posibles inconsistencias.
- ✓ **Documentación:** En la página web oficial de CLIPS se encuentra una extensa documentación que incluye un Manual de Referencia y una Guía del Usuario.
- ✓ **Bajo Costo:** CLIPS es un software de dominio público.

Una de las razones del amplio uso de CLIPS está en sus derivados e interfaces con otros lenguajes, como:

- JESS: implementación de CLIPS en Java.
- FuzzCLIPS: incorpora a CLIPS la posibilidad de usar razonamiento difuso.
- CLIPSM: una interfaz libre de CLIPS con C++.

- PHLIPS: extensión para PHP.
- EHSIS: Implementación del lenguaje CLIPS con APIs adicionales y documentación en castellano.

3.3.3 Funciones del Clips utilizadas para la implementación del razonador.

Para la implementación del razonador se utilizaron funciones siguientes:

Deffunction: Función utilizada para la declaración de funciones.

Defclass: Función utilizada para la declaración de las clases del diseño.

Class-superclasses: Devuelve todas las superclases de la clase que se pasa por parámetro.

Class-subclasses: Devuelve todas las subclases de la clase que se pasa por parámetro.

Load: Se utiliza para cargar el archive que se encuentra en la dirección que se le para por parámetro.

Find-instance: Devuelve la primera instancia de la clase que se le pasa que cumple con determinada condición.

Find-all-instances: Devuelve todas las instancias de la clase que se le pasa que cumple con determinada condición.

Do-for-instance: Busca la primera instancia de la clase que se le pasa que cumple con determinada condición y ejecuta la acción que se le especifica.

Do-for-all-instances: Busca todas las instancias de la clase que se le pasa que cumple con determinada condición y ejecuta la acción que se le especifica.

Printout t: Muestra una información.

progn\$: Permite obtener los elementos que conforman una lista.

A continuación se presentan ejemplos de la implementación de las preguntas de competencia.

- Preguntas: ¿El factor F pertenece al Sistema M?
¿El factor F pertenece al Subsistema M?

Implementación:

```
(deffunction pertenencia(?nombre_factor ?nombre)
  (subclassp ?nombre_factor ?nombre))
```

Esta función les da respuesta a las dos preguntas ya que los factores ambientales son Subclases de Subsistema Ambiental y a su vez de Sistema Ambiental. Se le debe pasar por parámetro el sistema o subsistema por el que se desea preguntar.

Esta función responde TRUE si pertenece o FALSE si no pertenece.

- Pregunta: ¿Qué subsistema pertenecen al Sistema M?

Implementación:

```
(deffunction subsistema(?nombre_clase)
  (class-subclasses ?nombre_clase ))
```

Esta función devuelve todos los Subsistemas Ambientales que pertenecen al sistema que se le pasa por parámetro.

Esta función devuelve una lista de Subsistema.

- Preguntas: ¿La acción Ac a que actividad pertenece?

Implementación:

```
(deffunction Accion_Actividad_Pertenece (?nombre)
  (printout t "La Accion " ?nombre " pertenece a la(s) actividad(es) : " crlf)
  (bind ?class accion)
  (do-for-instance((?ac ?class))(eq ?ac:NOMBRE ?nombre)
    (progn$ (?field ?ac:ACTIV)
      (bind ?class actividad)
      (do-for-instance((?activ ?class))(eq ?activ ?field )(printout t
?activ:NOMBRE crlf))))
```

Esta función devuelve la actividad a la que pertenece determinada acción. Se le debe pasar por parámetro el nombre de la acción.

3.4 Principios del funcionamiento del razonador.

Para el funcionamiento del razonador se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se debe cargar las clases del diseño.
 - Se selecciona la instrucción load:

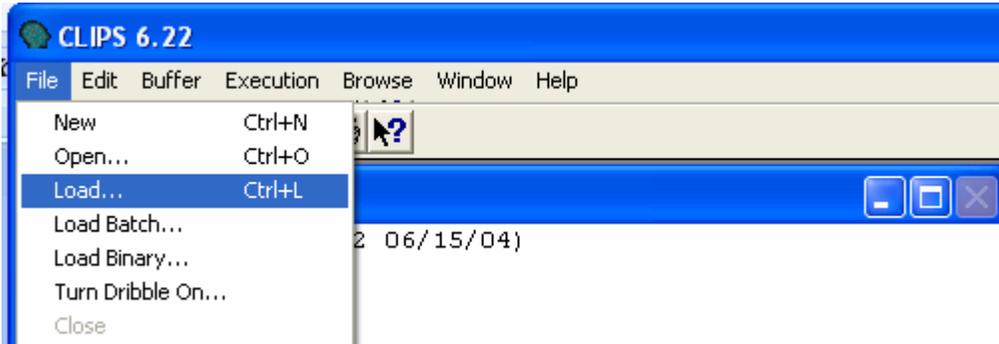


Fig.3. 1 Selección de la instrucción LOAD.

- Se escoge la ubicación del archivo que contiene las clases.

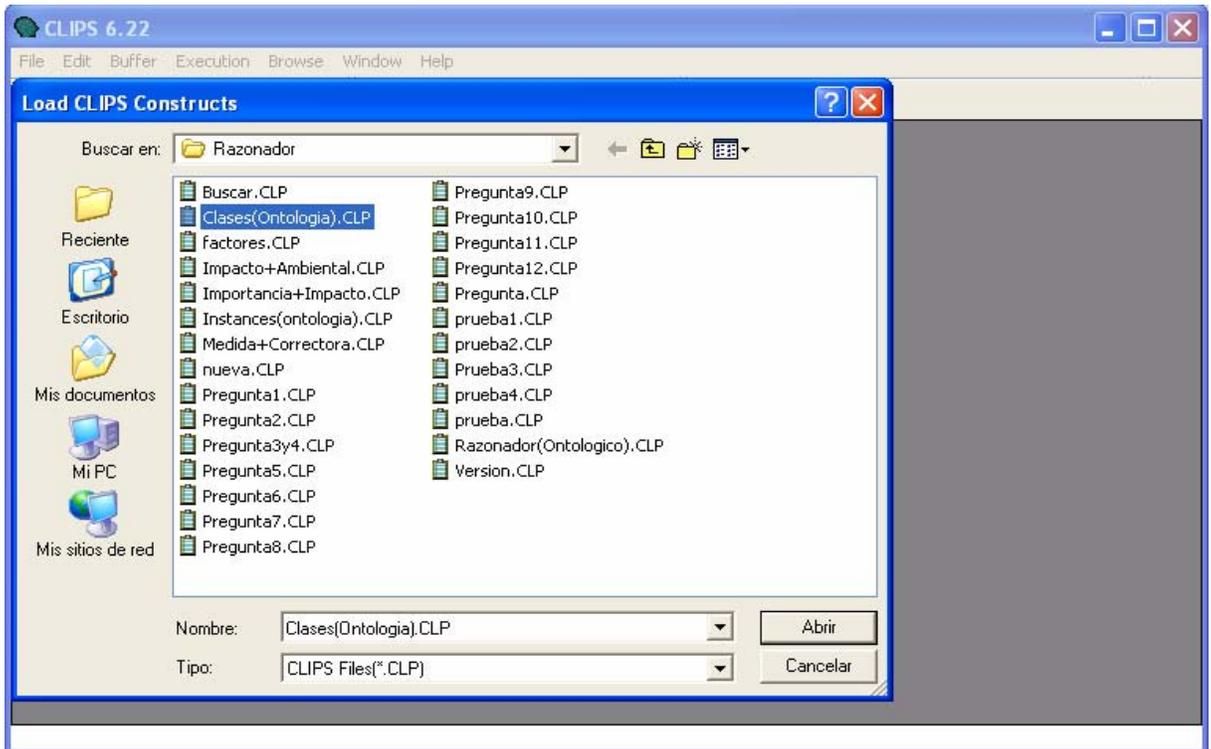


Fig.3. 2. Ubicar archivo que contiene las clases.

- Selección de la opción abrir.

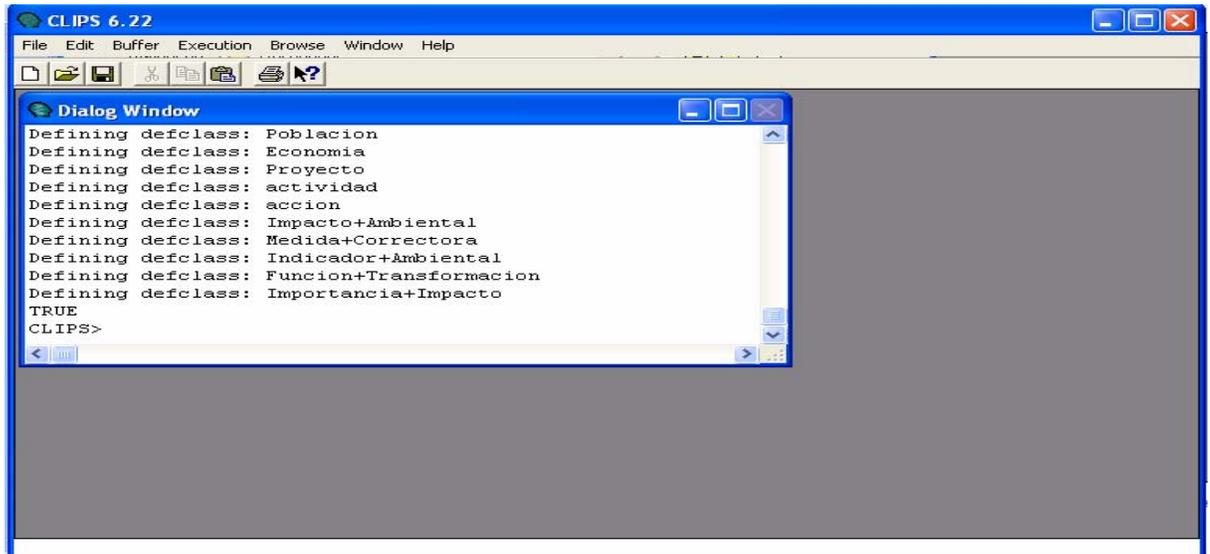


Fig.3. 3 Muestra de las clases.

2. Se debe cargar las instancias de las clases.

- Selección de la instrucción LOAD.
- Se escoge la ubicación del archivo que contiene las instancias de las clases.

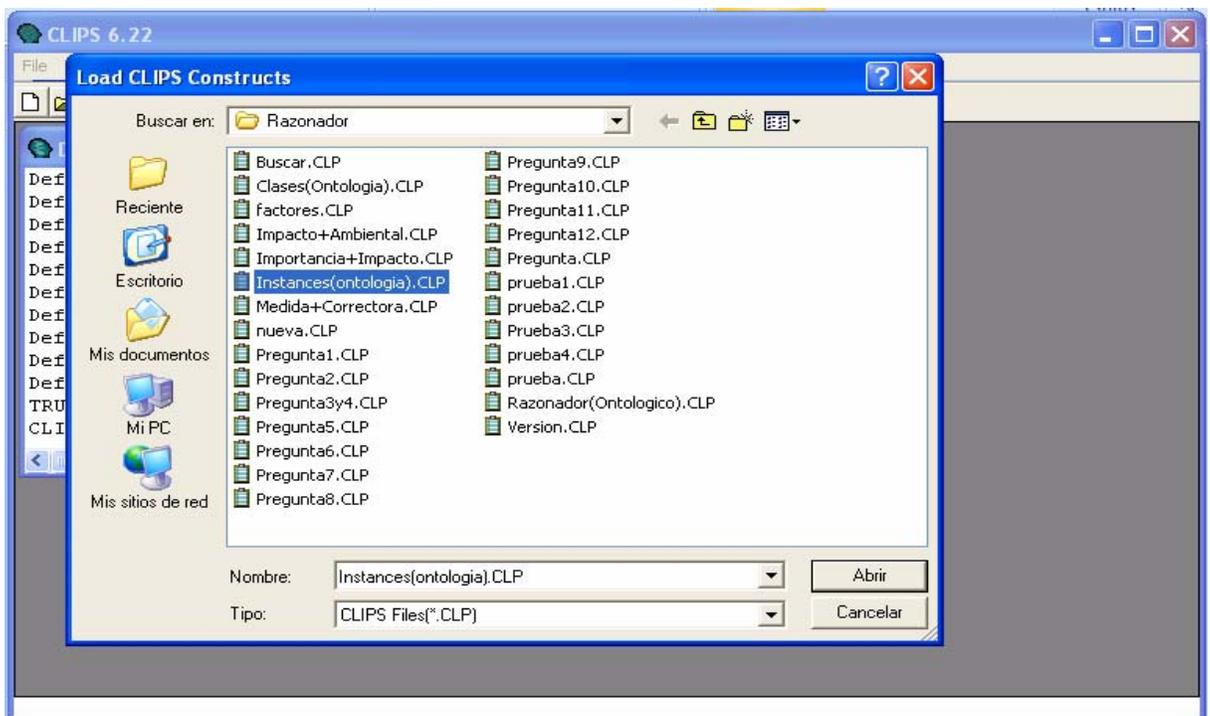


Fig 3.4. Ubicar archivo que contiene las instancias de las clases.

- Selección de la opción abrir.

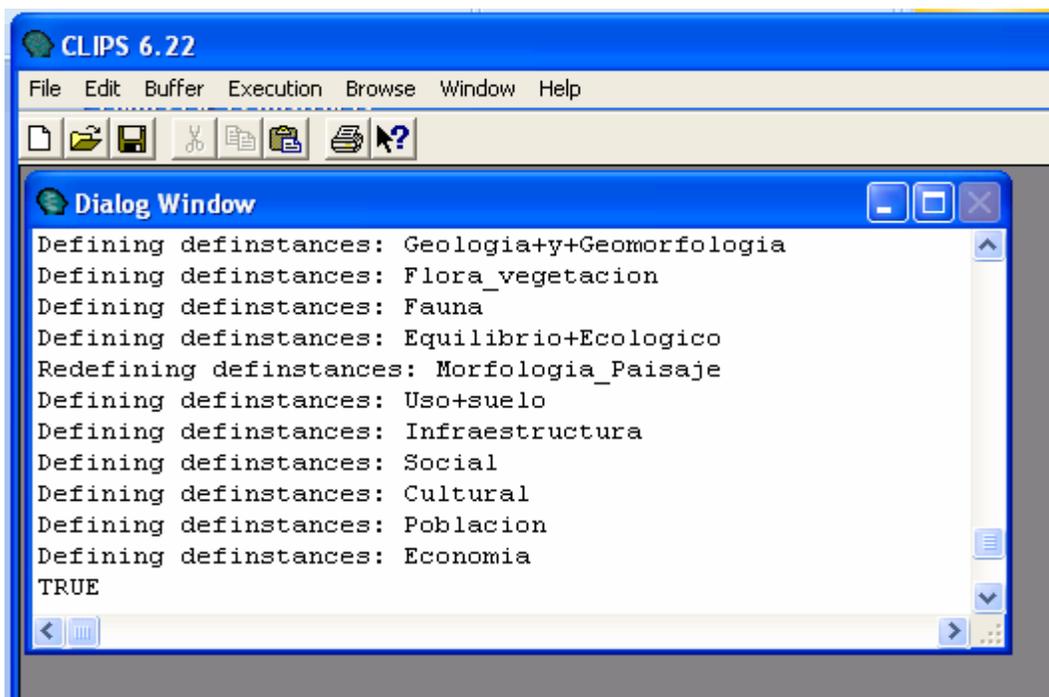


Fig3.5 Muestra de las instancias.

3. Se debe ejecutar la instrucción Reset.

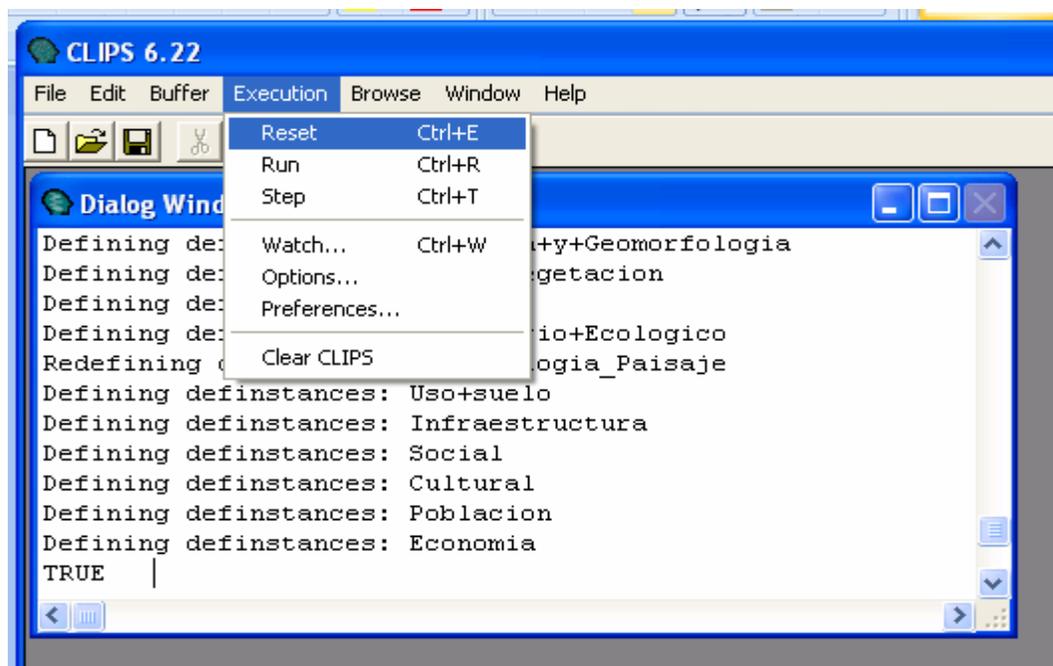


Fig 3.6 Selección de la instrucción reset.

4. Se cargan las preguntas con la instrucción Load.

- Selección de la instrucción LOAD.
- Se escoge la ubicación del archivo que contiene las preguntas.

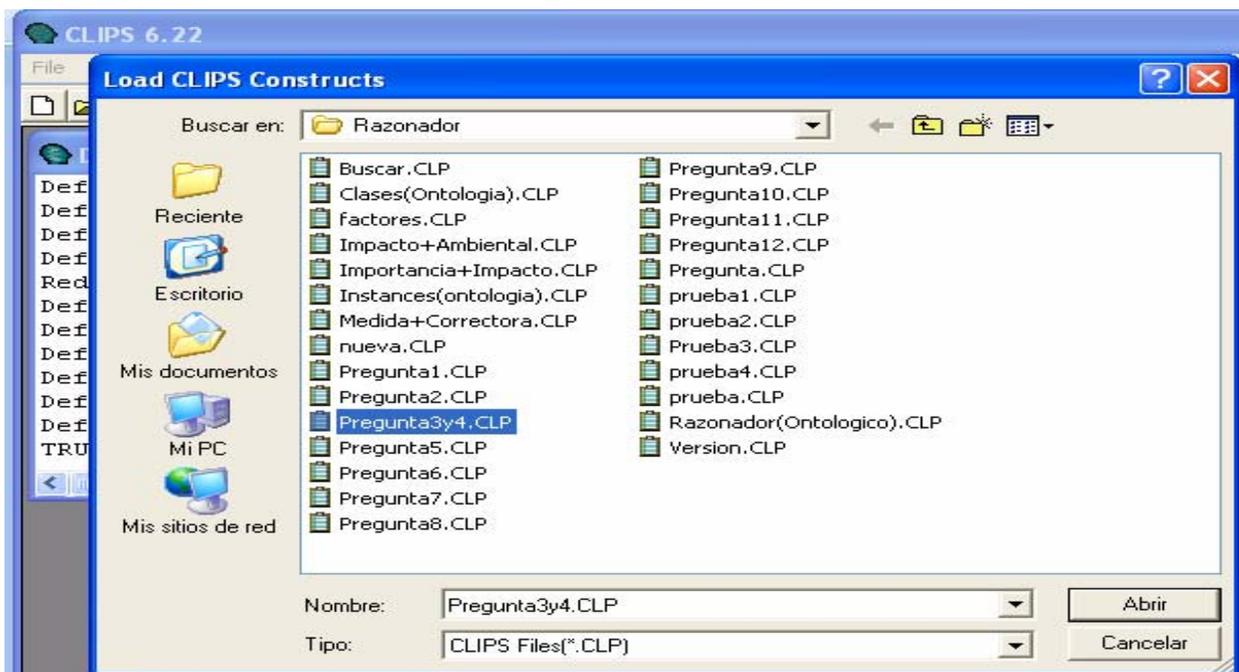


Fig 3.7 Selección de las preguntas.

- Selección de la opción abrir.
5. Se procede a preguntar.

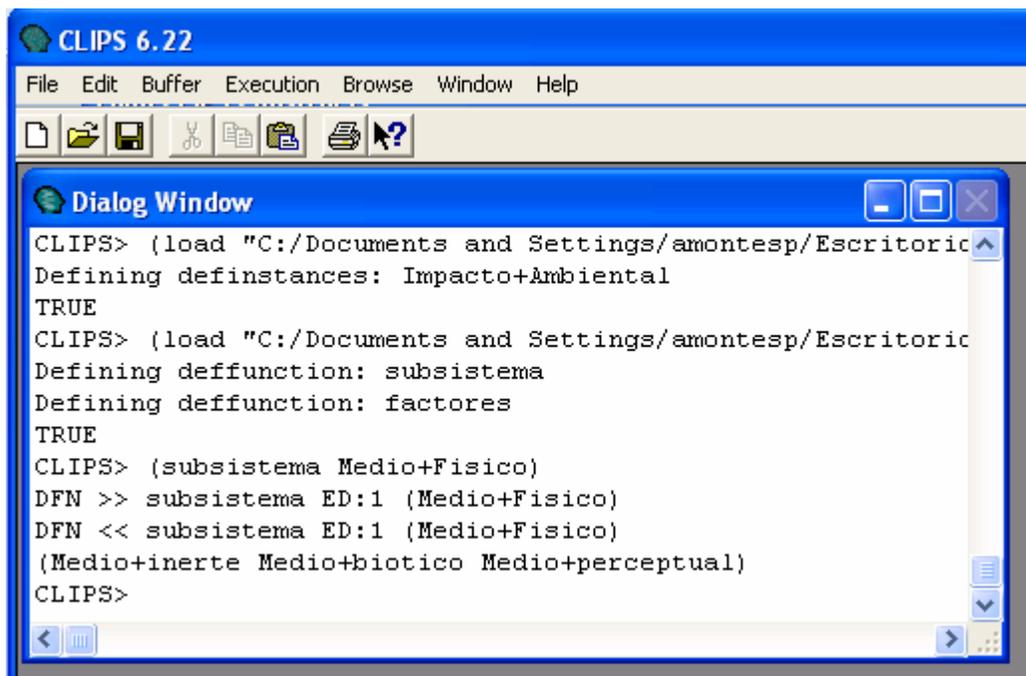


Fig 3.8 Ejecución de las preguntas.

Para preguntar se abre paréntesis, se copia en nombre del función a ejecutar(ej:subsistema) y se le pasa los parámetros propios de la función(Medio+Fisico) , luego se ejecuta la tecla enter, y es sistema responde (ej: (Medio+inerte Medio+biotico Medio+perceptual)).

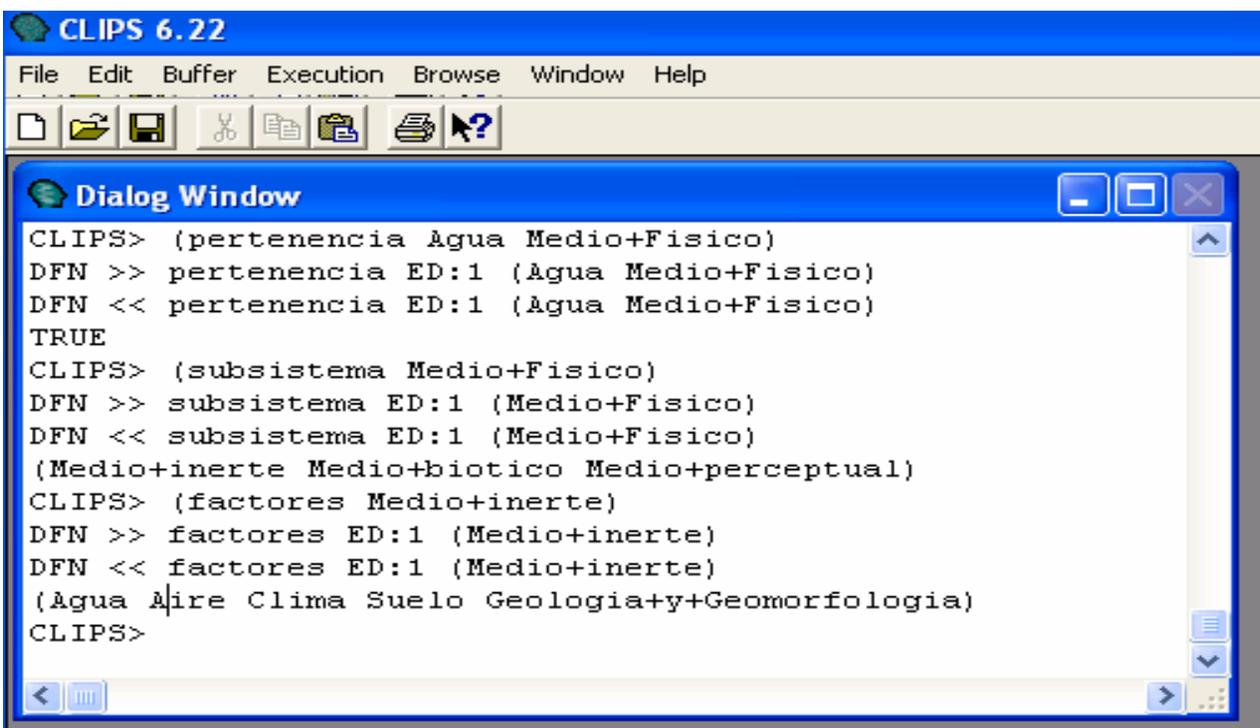


Fig 3.9 Ejemplo de funciones.

En la tabla 3.1 se muestran las funciones con sus parámetros de entrada y la salida de estas.

Nombre de Función	Parámetros de entrada	Resultados
Factores_Impactados	?nombre1: cadena de caracteres. (Nombre de un Proyecto)	Lista de factores impactados por el proyecto.
Pertenecen	?nombre1: cadena de caracteres. (Puede ser el nombre de un factor o un Subsistema) ?nombre2: cadena de caracteres. (Puede ser el nombre de un sistema o el nombre un Subsistema)	True si ?nombre1 pertenece a ?nombre2 sino False.
Subsistema	?nombre: cadena de caracteres. (nombre de un sistema)	Lista de subsistemas.
Factores	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de un sistema o subsistema)	Lista de factores
Actividades	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de un proyecto)	Lista de actividades que pertenecen al proyecto.
acciones	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de un proyecto)	Lista de acción que pertenecen al proyecto
Proyectos	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de una actividad)	Lista de proyectos que realizan esta

		actividad
Acción_actividad	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de la acción)	Nombre de la actividad a que pertenece
Factores_Ambientales	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de la acción)	Lista de los factores impactados por la acción.
Impacto	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de la acción)	Nombre del impacto ambiental que ocasiona.
Acción_Impacto	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre del impacto)	Nombre de la acción que provoca el impacto

Tabla 3.1 Funciones del razonador

Conclusiones

Esta tesis primeramente provee un breve acercamiento a la ingeniería ontológica que puede ser utilizado en estudios posteriores.

Como resultado de esta investigación se realizo el diseño de una ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para proyectos mineros que fue implementada en Protégé. Igualmente se implemento un razonador, utilizando clips para obtener la información en la ontología representada.

Recomendaciones

- ✓ Se recomienda poner en manos de los expertos ambientales esta propuesta de ontología con el fin que sea revisada para su posterior validación.
- ✓ Incrementar la base de conocimiento de la ontología para lograr una mayor calidad.
- ✓ Extender el dominio de la ontología a otros tipos de proyectos.

Bibliografías.

- [Cec-01] Ceccaroni Luigi. Onto WEDSS- An ontology-Based environmental decisión-support system for the management of wastewater treatment plants. 2001.
In <http://www.angelfire.com/scfi2/technopapa/Thesis.htm>
- [Conesa-97] Conesa Fernández, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental 2da edición Madrid Editorial Madrid Prensa.
- [Dev-02] Devedzic Vladan. Undesrtanding ontological Engineering. University of Belgrade. Yugoslavia. School of business Administration Department of Information Systems. Yugoslavia 2002. <http://www.fon.fon.bg.ac.yu/~devedzic/CMCM2002.pdf>
- [Far-04] Farquhar Adam. Tutorial Ontolingua. University of Stanford. 2004. In <http://www.stanford.edu>
- [Fer-99] Fernández Mariano, Gómez-Pérez Asuncion, Pazos Juan. Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment.1094-7167/99. IEEE Intelligent Systems. January/February 1999.
- [Fer-99-1] Fernández López M. Overview of methodology fo rbuilding ontologies. Laboratorio de Inteligencia Artificial. Universidad politécnica de Madrid. Madrid. España. In <http://www.lsi.upc.es/~bejar/aia/aia-web/4-fernandez.pdf>
- [Fip-01] Foundation for intelligent Physical Agents. FIPA Ontology Service Specification. Knowledge Systems Laboratory. In <http://www.fipa.org/specs/fipa00086/XC00086D.html>
- [Gom-95] Gómez-Pérez Asuncion. Some ideas and examples to evaluate ontologies. 1043-0989/95 IEEE.1995.
- [Gua-98] Guarino Nicola. Formal ontology and Information Systems. In N. Guarino (Ed) Formal ontology in information Systems. Proceedings

- of FOIS'98 Trento Italy. 6-8June 199. IOS Press. Amsterdam: 3-15.
<http://citeseer.nj.nec.com/guarino98formal.html>
- [Gru-93] Gruber T. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge acquisition. Vol 5 1993.
- [Gru-03] Gruenwald L, McNutt G and Mercier A. Using an ontology to improve search in a terrorism Database Systems. Proceeding of the 14th International Workshop on database and expert system applications (DEXA'03). 1529-4188/03. IEEE Computer Society. 2003.
- [Jas-99] Jasper Robert, Uschold Mike. A framework for understanding and classifying ontology applications. Procc of the IJCAI-99 Workshop on ontologies and problem solve methods. Seattle. USA. 1999
- [McG-00] McGuinness. D, Fikes. R, Rice R, Wilder S. The Chimaera ontology Environment. American Association for Artificial Intelligence. 2000. In <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/dmcguinness-aaaioo-camera-ready.doc>
- [Mar-01] Marín R, Martínez B, Merenciano J, Miramon D, Pérez G, Valentin L. El desarrollo de una ontología a base de conocimiento enciclopédico parcialmente estructurado. Barcelona. España.
- [Med-03] Medina Maria Auxilio. An overview of ontologies. Technical Report. Universidad de las Américas Puebla. México. 2003.
<http://www.starlab.vub.ac.be/teaching/ontologies-overview.pdf>
- [Nia-00] Nianbin Wang and Xiaofei Xu. A Method to build ontology. 0-7695-0589-2. IEEE.2000.
- [Noy-01] Noy N. and McGuinness D. Ontology development 101: A Guide to creating your first ontology. Stanford University. Stanford knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05. March 2001.
- [Oli-01] Oliver D, Rubin D, Stuart J, Hewett M, Klein T and Altman R. Ontology development for a pharmacogenetics knowledge base. StanfordMedical Informatics. Stanford University. 2001. In

- http://www-smi.stanford.edu/pubs/SMI_Reports/SMI-2001-0905.pdf
- [Usc-96] Uschold M & Gruninger M. Ontologies: Principles, Methods and Applications. AIAI-TR-191. February 1996.
<http://citeseer.nj.nec.com/uschold96ontologie.html>
- [Usc-96-1] Uschold M. Ontologies: Towards a unified methodology. September 1996. AIAI-TR-197.
<http://citeseer.nj.nec.com/uschold96building.html>
- [Vie-00] Viezzer Manuela. ECAI Ontologies and Problem-Solving Methods & Ontology learning. August. 2000. In
www.cs.bham.ac.uk/~mvx/publications/onto-engineering/onto-engineering.html
- [Sil-03] Silva Muñoz L, Palazzo J. Uma Ontologia para apoio na administração de conteúdo educativo na Web. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil. 2003. In
<http://www.inf.ufrgs.br/pos/ppgc/semanaacademica/artigos2003/1285.pdf>
- [Struder 98] S. studer, r. Benjamin, d.Fendel knowledge engineering, principles and methods. Data and knowledge engineering. No 25, 1998. Pp 167 -197.
- [Sow-01] Jhon F Sowa. Building, Sharing and merging ontologies
www.jfsowa.com/ontology/guide.html. 2001
- [Sow-03] www.jfsowa.com/ontology/index.html. 2003
- [Sta-03] STARLab. Systems technology and applications research Laboratory Home Page. Faculty of Sciences Department of computer Science, Vrije Universiteit Brussels. In
<http://www.starlab.vub.ac.be/default.html>.
- [Swa-99] Swartout William. Ontologies. IEEE Intelligent Systems. 1094/716/99. January-February, 1999.

Anexos

Anexo1: Variables.

Cuadro 1-1 Variables para la determinación de la importancia de los impactos

Naturaleza: Carácter beneficioso o perjudicial del efecto el factor considerado.

Intensidad: Grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico que actúa.

Extensión: Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un impacto muy bien localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual; en caso contrario se considerará total, teniendo gradaciones intermedias parcial y extenso.

Momento: Plazo de manifestación del impacto, tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor considerado. Generalmente se expresa en años.

Persistencia: Tiempo supuesto de permanencia del efecto desde su aparición. Una vez transcurrido ese lapso el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previa a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.

Reversibilidad: Posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es la posibilidad de retorno del factor por medios naturales a las condiciones que tenía antes de la ocurrencia de la acción.

Recuperabilidad: Posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la actuación, por medio de la intervención humana.

Sinergia: Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simple. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones actúan por separado.

Acumulación: Incremento de la manifestación de un efecto, cuando persiste de forma continuada la acción que lo genera.

Efecto: Forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.

Periodicidad: Regularidad de manifestación del efecto.

Anexo2: Importancia del Impacto

NATURALEZA		INTENSIDAD (I)	
Impacto beneficioso	+	Baja	1
Impacto Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX)		MOMENTO (MO)	
Puntual	1	Largo Plazo	1
Parcial	2	Medio Plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto Plazo	1
Temporal	2	Medio Plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC)	
Sin Sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy Sinérgico	4		
EFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
Indirecto (Secundario)	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (RB)		IMPORTANCIA (I)	
Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB)$	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

