

# ONTOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS MINEROS.

Tesis en opción al título académico de master en desarrollo  
sustentable en la actividad minero – metalúrgica.

Autor: Ing. Ariel Montes de Oca Pérez.

Tutores: Dra. C. Yiezenia Rosario Ferrer.  
Dr. C. Juan Manuel Montero Peña.  
MSc. Roilber Lambert Sánchez.

Moa, 2014  
“Año 56 de la Revolución”



# 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 Humanidades para que hagan el uso que consideren necesario.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del 2014.

---

*Ing. Ariel Montes de Oca Pérez.*

---

Dra. C. Yiezenia Rosario Ferrer.

---

Dr. C. Juan Manuel Montero Peña.

---

MSc. Roilber Lambert Sánchez.

# PENSAMIENTO

Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre.

Fidel Castro Ruz

# AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO A DIOS PORQUE SIN EL NADA DE ESTO HUBIESE SIDO POSIBLE.

LA TUTORÍA Y ASESORÍA BRINDADA POR LA DRA. C. YIEZENIA ROSARIO FERRER.

AL MSC. ROILBER LAMBERT SÁNCHEZ 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 MÍ, Y HAN ESTADO SIEMPRE A MI LADO.

A MIS HERMANOS POR SU CONFIANZA Y APOYO.

A ELBA MARÍA POR SU APOYO INCONDICIONAL, POR SU AMOR Y  
QUE NUNCA PERDIÓ LA CONFIANZA EN MÍ.

A RAQUEL MI NIÑA BELLA QUE ES LA LUZ DE MIS DÍAS.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE SIEMPRE ME APOYARON.

# RESUMEN

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

La presente investigación presenta una ontología que comprende los conceptos fundamentales involucrados en las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos mineros.

La ontología fue desarrollada siguiendo la metodología propuesta por la Universidad de Stanford, utilizando el editor Protégé para la construcción de la base conocimiento. La herramienta para la construcción de sistemas expertos CLIPS se utilizó para la implementación de las preguntas de competencia definidas es el primer paso de la metodología. NetBeans 7.4 fue la herramienta elegida para la implementación de la interfaz visual para mostrar la información que contiene la ontología.

La “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” resultado de esta investigación, es un paso inicial en la formalización del conocimiento del área de evaluación de impacto ambiental para la minería y favorecerá el desarrollo de sistemas inteligentes en esta área.

**Palabras claves:** Ontología, Evaluación, Impacto, Ambiental y Minería.

# ABSTRACT

An ontology is a tool to reach an understanding between the participants in a common knowledge.

This research presents an ontology that includes the fundamental concepts involved in environmental impact evaluation of mining projects. The ontology was developed following the methodology proposed by Stanford University, using the Protégé editor for building the knowledge base. The tool for building expert systems CLIPS was used to implement the defined competency questions is the first step of the methodology. NetBeans 7.4 was chosen for the implementation of the visual interface to display the information in the ontology tool.

The "Environmental Impact Evaluation for Mining Projects Ontology" result of this research is an initial step in the formalization of knowledge in the area of environmental impact evaluation for mining and it will favor the development of intelligent systems in this area.

**Keywords:** Ontology, Evaluation, Impact, Environmental and Mining.

# ÍNDICE

Introducción.....	1
Capítulo 1: Evaluación de Impacto Ambiental en el marco del desarrollo sustentable.....	6
1.1    Introducción.....	6
1.2    El desarrollo sustentable: sus dimensiones .....	7
1.2.1    Desarrollo sustentable .....	7
1.2.2    Antecedentes de la definición del desarrollo sustentable .....	9
1.2.3    Dimensiones del desarrollo sustentable .....	12
1.3    El desarrollo sustentable en la minería .....	14
1.3.1    La minería del níquel como actividad económica .....	15
1.3.2    El impacto ambiental de la minería.....	18
1.3.3    Clasificación de los impactos ambientales .....	19
1.4    La evaluación de impacto ambiental dentro del desarrollo de las comunidades mineras.....	20
1.5    La evaluación del impacto ambiental dentro de la lógica del desarrollo de las comunidades mineras .....	20
1.6    Ontologías como forma de representación del conocimiento.....	21
1.6.1    ¿Qué es una ontología? .....	22
1.6.2    ¿Por qué desarrollar Ontologías? .....	24
1.6.3    Componentes de una Ontología.....	25
1.6.4    Principios de diseño de ontologías .....	26
1.6.5    Tipos de ontologías .....	27

1.7	Metodologías y herramientas para el desarrollo de la aplicación.....	30
1.7.1	Proceso para desarrollar Ontologías .....	30
1.7.2	Consideraciones básicas en el desarrollo de ontologías.....	30
1.7.3	Metodologías para desarrollar ontologías.....	31
1.7.4	Lenguajes de especificación de ontologías .....	32
1.7.5	Editores para construcción de Ontologías .....	39
1.7.6	Herramienta utilizada en la interfaz visual .....	41
1.8	Conclusiones parciales .....	43
Capítulo 2: La evaluación de impacto ambiental en las comunidades mineras		44
2.1	Introducción.....	44
2.2	Característica socioeconómica de la comunidad de Moa .....	44
2.3	La minería del níquel en Moa: impactos fundamentales de sus industrias.....	48
2.3.1	Impacto ambiental de la minería a cielo abierto .....	48
2.3.2	Cómo conseguir minas a cielo abierto más ecológicas .....	50
2.3.3	Impactos ambientales potenciales.....	51
2.3.4	Modelo general de estudios de Impacto Ambiental .....	61
2.3.4.1	Valoración cualitativa .....	61
2.3.4.2	Valoración cuantitativa .....	62
2.3.4.3	Análisis Cuantitativo Global.....	64
2.4	Los instrumentos jurídicos existentes en Cuba en materia de evaluación ambiental .....	64
2.4.1	La Estrategia Ambiental Nacional como instrumento de la política ambiental cubana .....	64
2.4.1.1	Los objetivos estratégicos generales son:.....	66

2.4.1.2	Principios en que se sustentan la política y la gestión ambiental cubana	67
2.4.1.3	Instrumentos de la política y la gestión ambiental.....	68
2.4.2	Sistema de Gestión Ambiental (SGA).....	72
2.4.3	Legislación Ambiental Cubana Relacionada con el Manejo Sostenible de Tierra.....	73
2.5	Conclusiones parciales .....	74
Capítulo 3: Diseño conceptual de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” .....		
3.1	Introducción.....	75
3.2	Guía propuesta por la división de Informática Médica de la Universidad de Stanford .....	75
3.2.1	Determinar el alcance de la ontología .....	75
3.2.2	Preguntas de competencia .....	76
3.2.3	Considerar el uso de ontologías existentes .....	77
3.2.4	Enumerar los términos importantes de la ontología.....	77
3.2.5	Definir las clases y la jerarquía de clases.....	79
3.2.6	Definir las propiedades de las clases .....	81
3.2.7	Definir las restricciones de las propiedades .....	83
3.2.8	Crear las instancias .....	84
3.3	Conclusiones parciales .....	86
Capítulo 4: Implementación de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” .....		
4.1	Introducción.....	87
4.2	“Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” en Protégé.....	87

4.3	Implementación del razonador en CLIPS.....	88
4.4	Preguntas de competencia.....	88
4.4.1	Funciones del Clips utilizadas para la implementación del razonador.....	88
4.5	Diseño de la interfaz visual de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” en Java.....	90
4.6	Valoración del impacto de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” en el Desarrollo Sustentable .....	91
4.7	Conclusiones Parciales .....	92
	Conclusiones.....	93
	Recomendaciones.....	94
	Referencias bibliográficas .....	95
	Anexos .....	100

# 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.

La actividad minera, como la mayor parte de estas actividades que el hombre realiza para su subsistencia, crea alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio en que se desarrollan.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la actividad minera no solo produce un impacto ambiental. También produce lo que se denomina Impacto Socioeconómico, es decir, una alteración sobre los modos de vida y la economía de la región en la que se implanta, que pueden ser en unos casos positivos y en otros, negativos.

Esto nos lleva a definir el concepto de impacto ambiental de una actividad: la diferencia existente en el medio natural entre el momento en que la actividad comienza, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que cesa (Cuba, 1997).

Para paliar estos efectos y corregirlos en la medida de lo posible, se realiza, previo a la ejecución de 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 sustentable”.

Una antigua definición de desarrollo sustentable lo vincula a la satisfacción de las necesidades del presente, sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para alcanzar sus propios requisitos. Visiones más recientes lo vinculan con un proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y

protección ambiental. La base es no sobrepasar la capacidad de recuperación ni de absorción de desechos (Guillermo Espinoza, 2007).

Desde esta perspectiva, 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 en general, proponer toda reducción o eliminación de su nivel de significancia.

Por consiguiente, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es 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 (Conesa-Fernández, 1997).

Por otro lado, resulta innegable la importancia de las evaluaciones de impacto ambiental como proceso de la gestión ambiental, la cual ha sido probada a lo largo de años de aplicación. Es por ello, que han surgido 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 resulta de singular importancia, desde el punto de vista informático, 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.

De ahí que, teniendo en cuenta las características de Moa, una zona minera, y el naciente desarrollo de sistemas inteligentes en el Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMMM) orientados a las evaluaciones de impacto ambiental, surge la necesidad de la formalización del dominio de las evaluaciones de impacto ambiental para la evaluación de proyectos mineros, considerando que es la minería una de las actividades que produce un impacto importante sobre el entorno.

Ante esta realidad y su evidente necesidad de transformación se determinó como **problema**: No se cuenta con un lenguaje común, comprensible y

unificado que permita un intercambio eficaz de información para lograr una especificación formalizada del dominio de la evaluación de impacto ambiental, aplicable a la minería de Moa.

Este tipo de problema es abordado por las ciencias de la computación con técnicas de representación del conocimiento. Por ello, se definió como **objetivo** de esta investigación desarrollar una ontología que comprenda los conceptos fundamentales involucrados en las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos mineros en Moa.

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

De acuerdo a este se plantean como **objetivos específicos**:

- Conceptualizar los términos relativos a la Evaluación de Impacto Ambiental para proyectos mineros.
- Definir e implementar la estructura conceptual de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros”.

A partir del problema planteado, el objeto de estudio y el objetivo propuesto, se establece el **campo de acción** siguiente: desarrollo de ontologías de dominio en la Evaluación de Impacto Ambiental.

El presente trabajo de investigación se sustenta en la **idea a defender** siguiente: el desarrollo de una ontología del dominio de las Evaluaciones del Impacto Ambiental que provoca la explotación minera permitirá contar con una conceptualización de este dominio lo cual admitirá la reutilización potencial de dicha ontología.

Para cumplir el objetivo y resolver la situación problemática presentada, se ejecutaron las siguientes **tareas**:

1. Revisar bibliografía sobre:
  - Desarrollo sustentable.
  - Evaluación de Impacto Ambiental.
  - La Actividad Minera en Moa.
  - La teoría y tecnologías referentes al desarrollo de ontologías.
2. Estructurar conceptualmente la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros”.
3. Implementar el razonador en Clips.

4. Implementar la interfaz visual de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros”.

### **Métodos de la Investigación:**

Para cumplimentar estos objetivos se han empleado métodos empíricos y teóricos de la investigación científica:

- **Métodos empíricos:** Ayudan en el descubrimiento de los hechos e información, procesamiento de datos y en el conocimiento de las características fundamentales del problema los que posibilitan su estudio y explicación.
- **Métodos teóricos:** Se tuvieron en cuenta durante la investigación; pues crearon las condiciones para la interpretación y desarrollo de las teorías, de interpretación de los datos obtenidos o sea, para profundizar en las características fenomenológicas superficiales de la realidad.

### **Métodos teóricos**

**Histórico – Lógico:** es usado para comprender el antecedente del objeto de estudio y obtener su esencia, así como la necesidad de su desarrollo en una forma superior.

**Análisis - síntesis:** permite alcanzar una profundización en el conocimiento del problema en su totalidad, descomponiéndolo en partes para sintetizar su estudio y precisar sus múltiples relaciones y comportamientos.

**Hipotético - Deductivo:** permite realizar el debido análisis para el posterior desarrollo del sistema que dará solución a los problemas existentes.

### **Métodos empíricos**

**Análisis de documentos:** para valorar las posibilidades que brindan las diferentes bibliografías sobre el tema a tratar.

**Entrevista:** necesaria en la recopilación de la información para el conocimiento del problema en general y la incorporación de las funcionalidades del sistema que se desea desarrollar, así como del alcance del proyecto.

**Aporte teórico:**

Desde el punto de vista teórico, en la investigación se realiza la propuesta de utilizar a las ontologías como forma de representar el conocimiento referente a la evaluación del impacto ambiental que provoca la explotación minera en el municipio de Moa.

Desde el punto de vista de su **aporte práctico**, la investigación genera un producto terminado: Software. De bajo costo en despliegue y adaptable a las nuevas tendencias de las tecnologías de la información y las comunicaciones, que permitirá contar con una conceptualización del dominio de las evaluaciones de los impactos ambientales que provocan los proyectos mineros, esto admitirá la reutilización potencial de la misma.

La presente memoria se estructura como sigue:

En el **Capítulo I** se fundamenta la teoría de la representación del conocimiento de la evaluación de Impacto Ambiental en el marco del desarrollo sustentable y las metodologías y herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación.

En el **Capítulo II** se analiza la evaluación de impacto ambiental en las comunidades mineras, destacando a Moa como caso de estudio.

En el **Capítulo III** se propone el Diseño conceptual de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros”.

En el **Capítulo IV** se expone toda información relacionada con la implementación de la ontología.

# **CAPÍTULO 1: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL MARCO DEL DESARROLLO SUSTENTABLE**

## **1.1 *Introducción***

Los años noventa se iniciaron con grandes cambios en la agenda internacional en relación con la necesidad de conservación del medio ambiente, especialmente desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (conocida también como “Cumbre de la Tierra” y “Cumbre de Río”), celebrada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992. Esta conferencia creó las bases para una nueva visión mundial del desarrollo sustentable y de las convenciones globales sobre temas emergentes, tales como la diversidad biológica y el cambio climático. Como parte de este proceso, la conciencia sobre los aspectos ambientales del desarrollo, fue penetrando gradualmente en los ámbitos público y político. (CEPAL, 2002).

La sobreexplotación de los recursos naturales y el inadecuado uso del ambiente constituyen problemas que traspasan los límites de los países, por ende la consecución del desarrollo sustentable necesariamente implica una respuesta global.

La dimensión global de los problemas ambientales se explica por la complejidad de los sistemas naturales y por la relación que se establece entre éstos y los sistemas económicos. Así, el manejo inadecuado de determinado recurso natural puede tener efectos adversos en diversas dimensiones, hasta inclusive ser trasladados a generaciones futuras, limitando sus posibilidades de desarrollo.

El conjunto de elementos, relatados a modo de ejemplo, implica sustanciales cambios en la vida económica y cultural del mundo moderno. Entre ellos, quizás lo más relevante que está ocurriendo es el fenómeno de la globalización, que también influye en los significativos problemas ambientales que amenazan al mundo. El calentamiento global de la atmósfera y el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, la pérdida de la

biodiversidad, la disminución de la masa vegetal y el avance de la desertificación, son evidencias de este deterioro.

La evaluación del impacto ambiental permite gestionar o racionalizar el impacto producido por la explotación minera por lo que se hace necesario el empleo de herramientas que nos permitan retroalimentar nuevos proyectos con los conocimientos generados en proyectos pretéritos. Esto es posible con el empleo de Ontologías, las cuales les permiten a las personas o agentes de software extraer y agregar información, sin necesidad de desarrollar una ontología propia, utilizando diversas técnicas o algoritmos, si se tiene una especificación declarativa de los conceptos del dominio representado.

## **1.2 *El desarrollo sustentable: sus dimensiones***

### **1.2.1 *Desarrollo sustentable***

Aunque el desarrollo es un término relacionado con crecimiento, estabilidad social y modernización, es necesario reconocer que es un concepto muy complejo. No sólo tiene un significado económico o de crecimiento material, sino que también persigue la realización plena del ser humano. Para avanzar hacia ese estado se necesita que el ambiente esté sano, ya que es el lugar donde la población crece y obtiene sus recursos. Como éste proporciona el escenario y los elementos para alcanzar estadios superiores, se le debe proteger de cualquier amenaza con el fin de no poner en peligro las potenciales fuentes de desarrollo.

Una antigua definición de desarrollo sustentable (Silva, 2006) lo vincula a la satisfacción de las necesidades del presente, sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para alcanzar sus propias metas. Visiones más recientes (Desarrollo sustentable, 2014), (García, 2011) lo vinculan con un proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección ambiental. La base fundamental es no sobrepasar la capacidad de recuperación ni de absorción de desechos por parte del ambiente.

En cada una de las definiciones citadas se reconoce la necesidad de compatibilizar el continuo crecimiento económico con la equidad social y con la protección y administración eficaz y eficiente del medio ambiente. Este es un camino que países pobres y ricos deben hacer juntos para tener éxito, ya que los asuntos ambientales se han convertido en un tema global. Es aceptado que lo ocurrido en un rincón del mundo puede ser la causa de un efecto que se materializa en otro sector distante.

Todo lo anterior debe considerarse en el desarrollo sustentable, ya que las medidas que se adopten tienen que facilitar la implementación de acciones racionales en función de los respectivos costos y beneficios involucrados. Sólo así la política ambiental logrará traducir sus objetivos en señales concretas y podrá tener éxito en despertar un interés por evitar el deterioro ambiental. Es vital la pregunta y aún más la respuesta, de cuánta calidad del ambiente es sacrificada en nombre del progreso y qué crecimiento se restringe o se modifica en función del ambiente.

Pero, ¿qué tipos de desarrollo son sustentables? En último término y en una concepción muy rígida, muchos de los promotores tendrían problemas para identificar una actividad económica, basada en la explotación de recursos naturales, por ejemplo, que realmente protegiera o mejorara el recurso básico natural. Este es el caso de la explotación de recursos minerales.

El desafío real entonces consiste en identificar y posteriormente implementar una jerarquía coherente de estrategias imbricadas de desarrollo sustentable, partiendo de la individualidad en el mundo rural hasta la gestión de las comunidades globales.

Ésta es, desde luego, una cadena muy larga que implica cambios significativos en las aspiraciones y formas de vida particulares de la gente. La Cumbre de Río aportó algunas respuestas, pero ellas están más centradas en el análisis de las diferencias existentes entre los países ricos y pobres y cómo ajustar el equilibrio en términos políticos, económicos y ambientales, que en definir nuevos esquemas de gestión, que es de lo que requiere esencialmente el desarrollo sustentable.

A más de veinte años de la Cumbre de Río, muchos países, como es el caso de América Latina y el Caribe, han iniciado la senda del desarrollo sustentable. Si bien, se han llevado a cabo diversas medidas destinadas a aplicar la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, los resultados aún siguen siendo insuficientes y la cantidad de desafíos a enfrentar son cada día mayores. En muchos sectores los principios de protección ambiental y desarrollo sustentable aún se consideran una restricción al desarrollo económico y social, lo que ha limitado la capacidad pública para detener el creciente deterioro ambiental de ecosistemas críticos y controlar la contaminación. El grueso de las políticas ambientales explícitas vigentes es de carácter reactivo, así como los instrumentos de regulación directa e indirecta aplicados en la región. Las políticas preventivas y de fomento tendientes a mejorar las condiciones ambientales relacionadas con la competitividad productiva han recibido mucho menor atención (CEPAL, 2002).

### ***1.2.2 Antecedentes de la definición del desarrollo sustentable***

La preocupación por los estilos de desarrollo y su influencia sobre el hábitat de las diferentes especies y sobre el propio hombre comenzó a formar parte de las preocupaciones de los científicos y de sectores de la opinión pública mundial a finales de los años cincuenta del siglo XX. Para entonces aparece un gran número de artículos especializados en la prensa y en revistas científicas que pretenden llamar la atención sobre el problema.

Entre las primeras reflexiones sobre estos temas, concretamente el de los vínculos del crecimiento global y la escasez de recursos naturales, está el informe “Límites al crecimiento” publicado por el “Club de Roma” en 1972. El informe se concentró en cinco factores que limitaban el crecimiento en el planeta: la población, la producción agrícola, los recursos naturales, la producción industrial y la contaminación.

Un momento importante en la evolución hacia el término desarrollo sustentable lo ocupa el libro “Una sola tierra” de Bárbara Ward y Rene Dubos, donde se analizan los vínculos entre ambiente y desarrollo, publicado en 1972. En este libro se describen los intereses que llevaron a la “Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente” de Estocolmo del año 1972. Es uno de los

primeros libros donde se insiste que las necesidades humanas no se pueden satisfacer en detrimento del capital natural y de los intereses de las generaciones futuras.

En 1972, en Estocolmo (Suecia), se celebró la primera gran Conferencia mundial sobre problemas ambientales que realizó un llamado a la reflexión sobre cuestiones vinculadas a la contaminación derivada de la industrialización, el crecimiento poblacional incontrolado, al surgimiento de periferias (villas miserias) en las ya superpobladas ciudades del mundo (megalópolis), a la abertura de la capa de ozono y otros temas directamente vinculados con el primer mundo (Montero, 2006). Esta Conferencia, como era de esperar, no se detuvo en las verdaderas causas de la contaminación ambiental y en sus vías de solución. Sin embargo, llamó la atención del mundo sobre la necesidad de revertir los costos ecológicos de los patrones de producción y consumo existentes hasta ese momento en el ámbito internacional.

Como consecuencia de la Conferencia de Estocolmo se decidió celebrar en 1976 la “Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos”. Esta contribuyó a llamar la atención sobre el lugar que debe ocupar la satisfacción de las necesidades básicas del desarrollo, las referidas al saneamiento, a la atención primaria de salud, a la cobertura de agua potable y otras necesidades de este tipo. La Conferencia tampoco ofreció soluciones para los acuciantes problemas que enfrentaba la humanidad, principalmente los mal llamados países en vía de desarrollo, pero sí quedaba claro que las políticas para enfrentar los retos de un nuevo modelo socio – económico tenían que enfrentar una redistribución internacional de las riquezas con el objetivo de alcanzar la equidad al interior de las naciones y en el mundo.

Es en 1987 cuando por primera vez, la llamada “Comisión Brundtland” - que debe su nombre a la Primer Ministro de Noruega, la señora Gro Harlem Brundtland que encabezó la “Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo”- en el informe “Nuestro Futuro Común” utiliza el concepto desarrollo duradero, también reconocido como desarrollo sustentable o viable. Aunque este término con anterioridad había sido utilizado en la “Estrategia Mundial para la Conservación” editada por varias organizaciones entre las que se

encontraban la “Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza” (UICN), el “Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo” (PNUMA) y el “Fondo Mundial para la Vida Silvestre” (WWF-World Fund). Si en Estocolmo (1972) se establecen los cimientos para la elaboración de políticas de crecimiento económico sustentable, en el informe “Nuestro Futuro Común” dejaba bien claro que el desarrollo solamente perduraría si las actuales generaciones desarrollaban patrones de producción y consumo que no comprometieran la vida de las generaciones venideras. Sin embargo, no decía cómo hacerlo.

Pero en Río de Janeiro, en Junio de 1992, en la “Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo ”es cuando se plantea el imperativo inmediato del desarrollo sustentable si se quiere conservar el planeta en condiciones biohabitables para las futuras generaciones. Éste se convierte en el primer mandato de la “Agenda 21” y que a partir de este año llega incluso a ser incluido en las cartas magnas de varios países del mundo, entre ellos en la cubana que lo hace en las modificaciones introducidas en 1992, en su artículo 27.

La llamada “Cumbre de la Tierra” es el momento de la sacralización del concepto desarrollo sustentable, de ahora en adelante ésta será una palabra sagrada en el discurso mundial, especialmente cuando es utilizado por los líderes de instituciones del más diverso tipo, fundamentalmente de aquellos que diseñan políticas de desarrollo para terceros países y los que dominan las finanzas del planeta. Lo más importante de esta Cumbre es el llamado serio a tener en cuenta la relación entre el medio ambiente y el desarrollo, además de centrar la atención en la responsabilidad del primer mundo en el mantenimiento de la biodiversidad de la Tierra. Precisamente en esta esfera de la naturaleza se expresan como en ninguna otra la distribución desigual de los recursos tecnológicos del planeta materializado en el saqueo permanente de la biodiversidad de los países del tercer mundo.

En el plano científico este concepto pasa rápidamente a la gran mayoría de las ciencias, en particular a las sociales y se convierte en un tema indispensable en los eventos que se celebren en cualquier parte relacionado con el medio

ambiente y una palabra clave en el lenguaje político universal. Por esto, necesita ser precisado, determinar sus niveles, dimensiones y variables para poderlo aplicar a los diferentes escenarios siendo capaz de reflejar sus singularidades y de cumplir con el encargo social impuesto por la práctica en el empeño de diseñar modelos de desarrollo donde se conjuguen los elementos de la naturaleza y los sociales, como se ha expresado con anterioridad, pero para ello primero se deben resolver los problemas conceptuales, teóricos y prácticos presentes en el tratamiento del desarrollo sustentable teniendo como punto de partida que éste es un discurso surgido en el Norte industrializado en un contexto diferente al de los países del tercer mundo que enfrentan el desarrollo desde una perspectiva económica y cultural diferente.

### **1.2.3 Dimensiones del desarrollo sustentable**

La sustentabilidad posee, al menos tres, dimensiones, una primera, directamente relacionada con la protección de las funciones básicas esenciales de la naturaleza, una segunda, con los factores culturales y socio-políticos que modelan la relación del hombre con su medio ambiente y una dimensión tecnológica en la cual se integran elementos de las anteriores.

Siguiendo la lógica del análisis de R. P. Guimaraes, se considerarán las siguientes dimensiones: ambiental, en la que se incluye la ecológica, social, donde incluimos la política y la dimensión tecnológica. (Montero, 2006)

La **dimensión ambiental** está relacionada con la explotación de los recursos en correspondencia con las características del medio ambiente, a sus funciones ecológicas, ambientales y con el mantenimiento de la capacidad de sustento de los ecosistemas, es decir, la capacidad de la naturaleza para absorber y recomponerse de las agresiones antrópicas. El objetivo de esta es crear modelos productivos que creen condiciones para garantizar la estabilidad de la naturaleza, teniendo en cuenta sus principales funciones como fuente de materias primas, sumidero de desechos y sostén de la vida, que facilitaría la aparición de actividades alternativas.

La **dimensión ecológica** se refiere a la base física del proceso de crecimiento y a su vez promueve la necesidad de mantener un stock de recursos naturales

que están incorporados a las actividades productivas. En el caso de los recursos renovables, existe si la tasa de utilización es equivalente a la tasa de recomposición del recurso en los procesos naturales que tienen lugar en la naturaleza. Por otro lado, en el caso de los recursos no-renovables, la tasa de utilización debe ser equivalente a la tasa de sustitución del recurso en el proceso productivo por el período de tiempo previsto para su agotamiento.

La **dimensión social** se refiere a los elementos sociales y políticos existentes y que se derivan de la relación hombre – naturaleza y tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de la población, concretados estos en modelos económicos. De forma general es la capacidad real que posee una sociedad de organizarse según sus intereses y de garantizar la justicia social de sus miembros a través de la realización de proyectos en los que la participación sea colectiva y que el acceso a todos los servicios como es el caso de la salud, la educación, cultura, deporte, entre otros, se realicen según las necesidades de cada individuo y respetando la identidad del grupo al cual pertenece.

La **dimensión política** se encuentra estrechamente vinculada con el proceso de construcción de la ciudadanía y al de garantizar la incorporación de las personas al proceso de desarrollo. Desde el nivel micro, se quiere lograr una democratización de la sociedad, y a nivel macro, la democratización del estado. Para lograr lo antes planteado, hay que descentralizar las riquezas actuales que un número reducido de personas poseen y se deje de ver a la naturaleza como un medio únicamente para obtener ganancias. Es decir, que el objetivo que se persigue está vinculado al de fortalecer las organizaciones sociales y comunitarias, redistribuir los recursos y mantener informados a los sectores correspondientes, ver hasta donde las organizaciones han sido capaces de incrementar su capacidad de análisis y de capacitación para la toma de decisiones. Otro objetivo que se persigue es el de lograr a través de la apertura del aparato estatal es mantener un control ciudadano, la actualización de los partidos políticos existentes y procesos electorales, así como, la incorporación de la responsabilidad en cada una de las actividades de carácter público a desarrollar.

La **dimensión tecnológica** se enfoca, en este trabajo, desde la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, o estudios CTS, como se conocen. Es decir, ver la problemática del modelo de desarrollo sustentable como una relación entre las tecnologías con las cuales el hombre actúa sobre la naturaleza, que constituyen un producto de la actividad humana, y sus impactos sobre esta y la sociedad. Analizando esta relación como un problema social, pretendemos que la tecnología sea vista como algo más que un artefacto para entenderla como sistemas, como procesos, como un valor que modifica los valores existentes y crea nuevos valores.

Por otra parte, debe reconocer que cada una de estas dimensiones ejerce impacto sobre las otras, y todas juntas determinan la calidad de la vida humana, en tanto la ausencia o exclusión de cualquiera de las dimensiones impide la realización de los potenciales de bienestar humano.

En una forma amplia, podemos definir al **Desarrollo Sustentable** como un proceso de mejoramiento constante y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas adecuadas de conservación y protección del ambiente y los recursos naturales, de manera de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones presentes sin comprometer la facultad de continuar haciéndolo en el futuro.

### **1.3 *El desarrollo sustentable en la minería***

La industria minera, una de las más antiguas y de mayor utilidad para el hombre, tiene un alto impacto, en virtud de que afecta el ambiente desde el subsuelo hasta la atmósfera, incluyendo suelos y cuerpos de agua superficiales y subsuperficiales. Genera una gran cantidad de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, principalmente en forma de gases, humos, partículas, aguas residuales y jales-colas y escorias, además de aceites, llantas, plásticos, etcétera.

A pesar de que no existe suficiente información para apreciar el costo del impacto ambiental que ha causado la minería, sí se reconoce que es significativo y mayor que el de otras ramas industriales.

El concepto de sostenibilidad o sustentabilidad, en relación con la minería, obliga a reconocer la importancia de este sector en la economía, pero también a analizar las afectaciones más importantes, como son la contaminación de cuerpos de agua, la sobreexplotación de acuíferos, la destrucción del paisaje incluidas flora y fauna, la contaminación del aire, la afectación del suelo y agua subterránea, y algunos efectos colaterales sobre turismo y cultura regional. La generación de residuos peligrosos en la minería constituye un problema difícil de resolver.

### **1.3.1 La minería del níquel como actividad económica**

La minería del níquel a cielo abierto, es muy productiva, se desarrolla en un ambiente de seguridad, lo cual acrecienta las posibilidades para el mantenimiento de buenas condiciones higiénico - sanitarias para el trabajador. La construcción de los caminos mineros es de bajo costo y se produce en un tiempo razonablemente corto. Todo esto la convierte en una actividad rentable, de rápida recuperación de la inversión. Un aspecto importante lo constituye el hecho de que se pueden introducir con más facilidad nuevas tecnologías de producción y además se facilitan las labores de mantenimiento de los equipos.

Es particularmente más agresiva con relación a otros tipos de explotación de yacimientos minerales subterráneos, se desarrolla en un espacio mayor de terreno y puede producir afectaciones al manto freático durante la actividad en una región más amplia. "Los yacimientos metalíferos, en general, forman la mayor parte de los recursos no renovables de valor elevado, ocupan poco volumen y sin embargo poseen las características de producir en el medio ambiente residuos tóxicos". Estos residuos, sin embargo, si se gestionan adecuadamente, son perfectamente controlables, a niveles aceptables, por parte de las empresas mineras y de otras que frecuentemente son creadas para comercializarlos o manejarlos de acuerdo a las exigencias sociales y las demandas del mercado (Montero Peña, 2006).

Los impactos sobre el medio ambiente varían de acuerdo al tipo de mineral que se va a extraer. Independientemente de esto, hay un elemento común, le es propia una profunda e inevitable actividad destructiva sobre los recursos no renovables directos y los indirectos, además, ocasiona impactos de importancia

sobre recursos renovables asociados a las zonas donde se ubican los complejos mineros.

Además, la minería provoca una presión al espacio, por cuanto lo utiliza como proveedor de recursos minerales y en la mayoría de los casos lo inhabilita temporalmente para otras actividades económicas y sociales.

Sin embargo, esta es una situación que es totalmente previsible si desde la etapa de elaboración del proyecto minero se tiene en cuenta la dimensión ambiental y al cierre de mina, desde esta perspectiva, se conoce los posibles usos que tendrán los terrenos degradados por la minería. Para ello durante la explotación de la mina las empresas tienen que dejar un porcentaje de las ganancias para la rehabilitación, proceso en el cual los gobiernos nacionales desempeñan una importante función al designar mecanismos dirigidos a garantizar que se cumplan los compromisos post cierre de las instalaciones mineras, Estas, si se tuvo en cuenta durante la etapa de concepción del proyecto, pueden ser reconvertidas con fines sociales o productivos.

La minería provoca importantes cambios de tipo ambiental y social, como cualquier actividad antrópica, que es preciso tener en cuenta en el momento de diseñar políticas ambientales. Provoca cambios drásticos en el paisaje de las zonas donde se asientan los complejos y las comunidades mineras. Estos cambios están asociados a la necesidad de la existencia de una infraestructura que facilite la explotación de los yacimientos, que obliga a la construcción de diferentes objetos administrativos, sociales y de otra índole que ocupan espacios vitales que no pueden ser utilizados en otras actividades.

Esta situación, es muy compleja cuando los yacimientos están ubicados en una zona costera que se ve directamente impactada por toda la actividad socio productiva vinculada con la minería. Esto ocasiona daños directos a los recursos renovables que poseen los territorios, como consecuencia de la explotación de un recurso no renovable, del cual no podrán disponer las futuras generaciones y en otros casos, como en la pesca, el agotamiento del recurso tiene lugar prácticamente de forma paralela, en un plazo muy breve, por la desaparición de las condiciones naturales que facilitan su existencia.

En el caso de Moa las plantas beneficiadoras están situadas en una zona que posee un extraordinario potencial vegetal, asociado a los manglares rojos del litoral y a la barrera coralina situada al norte del territorio y que es el asentamiento de miles de especies pertenecientes a los ecosistemas de estos y refugio permanente de aves migratorias.

Es necesario referirse a los cambios que se producen en la economía del lugar como consecuencia inmediata de la infraestructura vinculada directamente con la minería y la existencia de sectores productivos que trabajan para garantizar insumos y servicios para las empresas del sector. En este sentido, se puede hablar de los aportes a la economía nacional referidos en el PIB, la creación de empleos directos e indirectos de servicios para la industria que promueven un desarrollo local.

Como consecuencia de estos cambios aparecen importantes instituciones científicas y sociales comunitarias como son los centros de investigación y las universidades que promueven el conocimiento científico y se convierten en una fuente permanente para el crecimiento de la economía. Este es precisamente el núcleo de la percepción de la sustentabilidad que defendemos en la minería, cómo ella contribuye al desarrollo de la comunidad, cuáles son sus aportes en la creación de una infraestructura socio económica a partir de los recursos que genera.

Sin embargo, un fenómeno de relevancia para el logro de la sustentabilidad lo constituye la homogeneización económica que ocasiona y que se convierte en una amenaza para el logro de un desarrollo sustentable. Este proceso produce un efecto negativo en la medida en que toda la comunidad se pone en función de la minería a la vez que desaparecen renglones económicos tradicionales que constituían el fundamento de un tipo de diversidad cultural que, indudablemente, debe constituir un nicho para el surgimiento de actividades alternativas ante el agotamiento de los recursos minerales en los yacimientos actuales (Montero, 2006).

En la actualidad, un problema muy crítico que complica aún más el panorama ambiental, lo constituye la homogeneización de un tipo de formación de recursos humanos dirigidos a oficios y profesiones típicamente mineras que

constituyen una barrera para el surgimiento de actividades económicas alternativas que se conviertan en la base de una imprescindible diversidad económica necesaria para que las comunidades mineras lleguen a ser sustentables.

### **1.3.2 *El impacto ambiental de la minería***

La actividad minera, como la mayor parte de las actividades que el hombre realiza para su subsistencia, crea alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio en que se desarrollan.

Esto nos lleva a definir el concepto de impacto ambiental de una actividad: la diferencia existente en el medio natural entre el momento en que la actividad comienza, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que cesa.

Estas cuestiones, que hace algunos años no se percibían como un factor de riesgo para el futuro de la humanidad, hoy se contemplan con gran preocupación, que no siempre está justificada, pues el hombre viene alterando el medio desde que ha sido capaz de ello, pero ciertamente los abusos cometidos en este campo han hecho que crezca la conciencia de la necesidad de regular estos impactos. De cualquier manera, también debe quedar claro que el hombre necesita los recursos mineros hoy, y los necesitará en el futuro. Otro punto a destacar es que la actividad minera es infinitamente menos impactante que otras actividades industriales, como el desarrollo de obras civiles (impacto visual, modificación del medio original) y la agricultura (uso masivo de productos químicos: pesticidas, fertilizantes).

Así, en el momento actual existen normativas muy estrictas sobre el impacto que puede producir una explotación minera, que incluyen una reglamentación de la composición de los vertidos líquidos, de las emisiones de polvo, de ruidos, de restitución del paisaje, etc., que ciertamente a menudo resultan muy problemáticos de cumplir por el alto costo económico que representan, pero que indudablemente han de ser asumidos para llevar a cabo la explotación.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la actividad minera no solo produce un impacto ambiental, es decir, sobre el medio ambiente. También produce lo que se denomina impacto socioeconómico, es decir, una alteración sobre los modos de vida y la economía de la región en la que se implanta, que pueden ser en unos casos positivos y en otros, negativos.

### **1.3.3 Clasificación de los impactos ambientales**

El impacto que produce la minería desde el punto de vista ambiental se puede clasificar de muy diversas formas (Higueras, 2010):

- Según sea un impacto directo, o indirecto sobre el medio.
- Según sea a corto o a largo plazo
- Según sea reversible o irreversible (a escala humana)
- Según sea local o externo
- Evitable o inevitable

Por otra parte, en función de los aspectos del medio que modifican, pueden ser:

- Acciones que modifican el uso del suelo
- Acciones que implican la emisión de contaminantes (sólidos, líquidos, gases y otros: ruidos, onda aérea)
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos (agua)
- Acciones que implican la modificación del paisaje (casi todos)
- Acciones que repercuten en las infraestructuras
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural (impacto socioeconómico).

También, en función del momento en que se producen, podemos considerar el impacto durante la fase de instalación, durante la fase de explotación propiamente dicha, y el impacto durante la fase de abandono o cese de la explotación (Impacto ambiental potencial de la extracción y procesamiento de minerales, 2014).

#### **1.4 *La evaluación de impacto ambiental dentro del desarrollo de las comunidades mineras***

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. Estas 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.

#### **1.5 *La evaluación del impacto ambiental dentro de la lógica del desarrollo de las comunidades mineras***

A la vista de las consideraciones anteriores, el impacto ambiental de una actividad minera es la diferencia entre la situación del medio ambiente antes de llevar a cabo la actividad, y durante otra actividad minera. La evaluación de este impacto es la cuantificación de estas diferencias, mediante la realización de un estudio multidisciplinar que pretenderá identificar, predecir y prevenir las consecuencias o efectos sobre el medio ambiente de la actividad minera.

Una cuestión interesante es que el estudio de impacto se puede considerar como una comparación entre la situación real de la zona estudiada, y la situación teórica de esta zona si no estuviera afectada por la actuación minera.

Los **objetivos** del estudio de impacto ambiental serían los siguientes:

1. Evitar posible errores y deterioros ambientales originados durante el proceso extractivo, cuya corrección posterior podría tener un alto coste, tanto desde el punto de vista privado (costes transferibles a las

- empresas) como desde el punto de vista social (costes transferibles a la sociedad).
2. Disponer de datos que permitan introducir en las decisiones empresariales los efectos de los proyectos de desarrollo en el medio natural y social, siempre difíciles de cuantificar y evaluar.
  3. Presentar una información integrada sobre los impactos de nuestra actividad sobre el medio ambiente.
  4. Integrar a los diversos organismos públicos y privados que tienen algún grado de responsabilidad sobre las decisiones que afectan al medio ambiente.

En definitiva, el principal objetivo de este tipo de estudio es el de indicar los elementos y características medioambientales susceptibles de ser afectados por la explotación minera, sobre los que se establecerán las recomendaciones de acciones correctoras, temporales o permanentes, y la definición de los criterios generales y específicos de restauración y recuperación de terrenos o de otros usos alternativos de rehabilitación.

Para la determinación práctica de este impacto ambiental se elaboran una serie de matrices de impacto, que constituyen la herramienta básica del estudio, pues recogen toda la información referida a las distintas posibilidades de afectación al medio y su grado estimado.

Siempre es de gran interés delimitar, dentro del ámbito general de la explotación, las distintas acciones que producen impacto (acciones impactantes: excavaciones, voladuras, emisión de gases y efluentes líquidos, creación de vías de transporte, etc.), así como establecer sobre qué aspectos concretos del medio se produce cada impacto (factores impactados: vegetación, fauna, paisaje).

### **1.6 *Ontologías como forma de representación del conocimiento***

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 (Ontología, 2014).

### **1.6.1 ¿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.

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.

El sinónimo más usual de ontología es conceptualización. Según la definición de (Gruber, 1993), 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:

**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 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.

### 1.6.2 ¿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 (Ceccaroni, 2001).

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

### **1.6.3 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 & McGuinness, 2001), (Ceccaroni, 2001), (SOWA, 2003), (Farquhar, 2004).

- **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,  $\text{Madre\_de: Persona} \rightarrow \text{Mujer}$ ,  $\text{Precio\_coche\_usado: Modelo} \times \text{Año} \times \text{Kilómetros} \rightarrow \text{Precio}$ .

#### **1.6.4 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 (Ceccaroni, 2001), (Uschold & Gruninger, 1996), (Medina, 2003).

- **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.

### **1.6.5 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 (Jasper & Uschold, 1999).

Existen tres dimensiones sobre las cuales varían los tipos de ontologías (Uschold & Gruninger, 1996):

- **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.

## **1.7 Metodologías y herramientas para el desarrollo de la aplicación**

### **1.7.1 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.

### **1.7.2 Consideraciones básicas en el desarrollo de ontologías**

El proceso de construir una ontología no difiere mucho, en líneas generales, del usado para construir software. Un software es un “programa de computación, procedimientos y documentación asociada, además de los datos para que se ejecute” (Fernández 1999). 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 (Foundation 2001) y (Fernández 1999) se identifican las actividades del proceso de desarrollo de software adaptadas al proceso de desarrollo de ontologías como sigue:

- Actividades de administración de proyecto:

Actividad	Objetivo
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:

Actividad	Objetivo
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:

Actividad	Objetivo
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 & McGuinness 2001):

- 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.

### **1.7.3 Metodologías para desarrollar ontologías**

Fueron analizadas cuatro metodologías de desarrollo de ontologías las que se nombrarán a continuación y se detallarán cada una de sus fases en el anexo 3:

- Esquema metodológico para construir ontologías de Uschold & Gruninger (Uschold & Gruninger 1996)

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.

- **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 (Fernández 1999). Tiene siete pasos.

- **Método para construir ontologías según Nianbin & Xiaofei.**

Este método (Nianbin & Xiaofei 2000) considera que la construcción de una ontología se lleva a cabo en cuatro pasos, tomando como base la propuesta de Uschold (Uschold & Gruninger 1996) de un esqueleto o guía metodológica.

- **Una guía para crear ontologías de la Universidad de Stanford (Noy & McGuinness 2001)**

La guía propuesta por la división de Informática Médica de la Universidad de Stanford. Compuesta de siete pasos.

#### **1.7.4 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 (Viezzer 2000).

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, cuál 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. (Hector Ortiz)

**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. (Hector Ortiz)

**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** 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 educativas. Soporta los paradigmas de programación procedural y orientado a objetos. Se puede obtener la última información referente a CLIPS en la “CLIPS home page” (Clips, 2014).

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.

**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. (Open Knowledge Base Connectivity Home Page, 2014)

**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. (Ontology Exchange Language, 2014)

**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. (Knowledge Interchange Format, 2014)

**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. (Stanford University, 2014)

**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. (Ontology Inference Layer , 2014)

**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 que 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. (SHOE, 2014)

**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. (Hector Ortiz)

### **1.7.5 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 (Medina 2003), (Viezzer 2000), (Ceccaroni 2001), (Noy & McGuinness 2001), (McGuinness 2000).

#### **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 (ontolingua, 2014):

- ✓ 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.

### **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. (Chimaera, 2014)

### **Protegé:**

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

Protegé es un editor de ontologías y bases conocimiento desarrollado por la división de informática médica de la Universidad de Stanford implantado en java. Los estudios comparativos realizados con otros entornos presentan a Protegé 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 Protegé está formada por clases, propiedades e instancias que se organizan jerárquicamente. Protegé

ofrece un entorno visual para definir de forma sencilla estos elementos de la ontología, facilitando el proceso de desarrollo y mantenimiento. (Protégé, 2014)

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.

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 (OilEd, 2014).

#### **1.7.6 Herramienta utilizada en la interfaz visual**

##### **NetBeans**

El IDE NetBeans es un entorno de desarrollo integrado, una herramienta para programadores pensada para escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Está escrito en Java pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación. Existe además un número importante de módulos para extenderlo. El IDE NetBeans es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso.

##### **¿Por qué utilizarlo?**

- 1) El desarrollador posee cierto dominio en el uso del IDE.
- 2) Permite la creación de gráficos y dibujos 2D lo cual es necesario para el desarrollo del proyecto.
- 3) Permite ampliarle sus funcionalidades. Ejemplo: Se le agregaran los plugins y librerías de iReport y Jasperreport que a continuación se lista para generar reportes:

### **Plugin**

- iReport-3.7.0.nbm
- jasperreports-components-plugin-3.7.0.nbm
- jasperreports-extensions-plugin-3.7.0.nbm
- jasperserver-plugin-3.7.0.nbm

### **Librerías**

- com-jaspersoft-ireport
- commons-beanutils-1.8.0
- commons-collections-3.2.1
- commons-digester-1.7
- commons-logging-1.1
- groovy-all-1.5.5
- iText-2.1.0
- jasperreports-3.7.0
- JClips

### **JClips para la conexión de CLIPS con Java**

JClips, escrito por Maarten Menken, permite a los programadores de Java utilizar CLIPS en combinación con Java. Es posible controlar desde Java el motor de inferencias de CLIPS (cargar archivos CLIPS, realizar inferencias mediante el encadenamiento de reglas, ejecutar comandos arbitrariamente) y recibir información desde el CLIPS en forma de mensajes de texto (cadenas de caracteres).

Cuando escriba la aplicación Java debe utilizar dos archivos JClips.dll y JClips.jar para establecer el puente entre Java y CLIPS. La .dll contiene completamente la distribución de CLIPS y el .jar es la parte Java para embeber CLIPS en Java.

### **1.8 Conclusiones parciales**

En este capítulo se fundamenta la teoría de la representación del conocimiento de la evaluación de Impacto Ambiental en el marco del desarrollo sustentable y las metodologías y herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación.

## **CAPÍTULO 2: LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LAS COMUNIDADES MINERAS**

### **2.1 *Introducción***

La problemática de la contaminación ambiental ha alcanzado su límite máximo a finales del siglo XIX, debido fundamentalmente al gran crecimiento industrial, así como a la evolución demográfica de la población, viéndose agravado el problema por la concentración tanto industrial como urbana en áreas delimitadas.

Hasta hace relativamente poco tiempo, los vertidos, emisiones atmosféricas y residuos producidos por la escasa industria existente y los asentamientos de población, podían ser asimilados por los cauces receptores, atmósfera y suelo de forma que se creaban procesos de auto depuración y al cabo de poco tiempo las características del medio afectado eran suficientemente aceptables.

Actualmente, la contaminación producida es de tal importancia, que la capacidad de autodepuración no es suficiente.

### **2.2 *Característica socioeconómica de la comunidad de Moa***

Moa se constituye como municipio en 1976 con la nueva División Político Administrativa del país, modificándose su extensión territorial en el 2010. Al triunfo de la Revolución formaba parte de Baracoa. En el periodo anterior a la mencionada División Político Administrativa (DPA) formó parte de la Región Mayarí, primero, y de la Región Minera posteriormente. Su población al triunfo de la Revolución se calculaba en 12 mil habitantes. Una parte de su población refleja aún sus raíces aborígenes, principalmente en la zona costera del este, como se observa en los asentamientos de Cañete, Cupey y Yamanigüey, colindantes con Baracoa. Ocupa el quinto lugar en extensión superficial entre los 14 municipios de la provincia, con 766,3 kilómetros cuadrados, incluidos los cayos adyacentes; representa el 8.3 por ciento de la superficie total de la provincia Holguín.

El municipio se encuentra situado en el extremo este de la provincia; es esencialmente montañoso con una estrecha franja semi-llana en la costa Atlántica su límite norte, donde se asientan los principales conglomerados poblacionales. Su geografía se extiende en todo el macizo montañoso Sagua Baracoa que forma parte del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, rico en fauna y flora con numerosas especies autóctonas. En este hermosísimo paisaje, cuya altura mayor es el pico El Toldo con 1 117 metros de altura, están enclavados 4 asentamientos poblacionales rurales, los cuales tienen como actividad económica fundamental el cultivo del café, la silvicultura y la minería; en el municipio se encuentran los principales yacimientos de minerales lateríticos con altos contenidos de hierro, níquel, cobalto y otros minerales, en la que se ha desarrollado una poderosa industria niquelífera con un volumen productivo anual de más de 65 000 toneladas.

El municipio, a raíz de la reciente División Política Administrativa aprobada por la Asamblea Nacional, lo integran 21 asentamientos poblacionales, dos urbanos y 19 rurales, de los cuales, cuatro forman parte del Plan Turquino, programa de la Revolución creado para desarrollar económica y socialmente la zona montañosa del país. Al este del territorio están situados siete asentamientos, uno de ellos urbano, Punta Gorda, creado por orientaciones del Comandante Ernesto Che Guevara en los inicios del triunfo de la Revolución y seis rurales. Esta parte del territorio colinda con Baracoa, siendo su límite natural el río Jiguaní. Al oeste se encuentran 8 asentamientos rurales con baja densidad poblacional, colindantes con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País. Al sur, muy próximo a la cabecera municipal está situado el asentamiento La Veguita. Más al sur, en medio del macizo montañoso radican tres de los cuatro asentamientos de montaña que tiene el territorio. El otro asentamiento rural de montaña es La Melva, al sureste, colindante con el municipio Yateras, provincia Guantánamo.

La población según el censo de población y viviendas efectuado en el 2012 era de 75 020 habitantes, que lo sitúa en el cuarto lugar dentro de la provincia, con una densidad poblacional de 97.9 habitantes por kilómetro cuadrado, el sexto lugar a nivel provincial en este indicador. El grado de urbanización es el 83.7 por ciento, el tercero después de Holguín y Antilla. Por sexo el índice de

masculinidad es de 987 por mil hembras. Tiene una tasa de crecimiento anual de -3.4 por mil habitantes.

La cabecera municipal es la ciudad de Moa más de 62 793 habitantes clasificando en la categoría de ciudad de segundo orden.

Las condiciones climáticas se caracterizan por un elevado nivel de precipitaciones lluviosas durante el año.

La red hidrográfica es abundante, sobre todo al este, con ríos de mediano caudal como el Potosí, Jiguaní, Quesigua y Cayo Guam, que corren entre las montañas de abundante vegetación, lo que hace que sus aguas sean siempre de una temperatura agradable para los bañistas y campistas. Algunos tienen bellísimas cascadas en su recorrido al mar.

Las costas alcanzan una longitud de 50,1 kilómetros, cuenta con sólo un área de playa de en Cayo Moa.

En toda la costa sólo existen pequeños espacios con posibilidades de usarse para el disfrute de la población.

El municipio cuenta con la Bahía de Moa donde se desarrolla la actividad portuaria de gran importancia económica en la importación y exportación de mercancías tanto para la industria como para el resto de la economía. Esta instalación portuaria ampliada en su objeto social podría aportar a la economía holguinera y del país sustanciales ahorros de combustible y otros recursos, ya que se utilizaría, además del sistema de la Industria del Nique para la importación de mercancías para toda la parte norte de esta región. También tiene enclavado en su litoral un puerto pesquero con un alto potencial por explotar.

La presa Nuevo Mundo, nombre con el que se conoce la presa de Moa es una de las más importantes de la provincia y quizás única de su tipo por haberse construido entre montañas y a gran altura sobre el nivel del mar.

El desarrollo económico del municipio se basa en lo fundamental en las actividades de la industria, la que aporta en la actualidad el 84 por ciento de los valores, las construcciones, la explotación silvícola y el comercio.

En la clasificación agro-productiva de los suelos del municipio, de acuerdo a la superficie estudiada, predominan los suelos muy poco productivo con el 99,7 por ciento del total, le siguen los pocos productivos con el 0,3 por ciento. El área agrícola es de 1 615,4 hectáreas y sólo el 13,0 por ciento son estatales, el resto pertenecen a las diferentes formas de producción no estatales. Aún no se incluye la superficie recibida con la nueva división política- administrativa.

Se dedican las tierras a los cultivos de viandas, hortalizas, granos, café, cítricos, frutales y ganadería entre otros.

Con importancia relevante se han desarrollado fabricación de níquel, la generación de energía eléctrica, los derivados de la industria láctea y cárnica

La esperanza de vida al nacer en el período 2007-2012 es de 79,12 años; para los hombres 77,43 y para las mujeres 80,94 la más alta del país, tomada como media de la provincia ya que a nivel de municipio no se realizan los cálculos.

El municipio se caracteriza por el éxodo poblacional hacia otros territorios de la provincia y del país.

Moa es el municipio menos envejecido de la provincia con el 11.5 por ciento de su población comprendida en 60 años y más, o sea, 8 606 personas.

La zona montañosa moense del Plan Turquino Manatí ocupa 573 kilómetros cuadrados, el 78 por ciento de la superficie total. La población es sólo 1 359 habitantes distribuidos en 4 asentamientos poblacionales, con un por ciento de electrificación de 90.1.

El municipio dispone de 91 unidades para la asistencia médica y social, con 1 hospital, 2 policlínicos, 2 salas de rehabilitación, 1 hogar materno, 82 consultorios del médico de la familia. En la asistencia social existe 1 casa del abuelo. La dotación normal de camas en unidades en servicios alcanza las 426 de asistencia médica.

En el curso 2012/2013 la matrícula en los diferentes niveles de enseñanza asciende a 12 556 alumnos en los 54 centros educacionales de la enseñanza Preescolar, primaria y media y 3 187 en el nivel universitario.

La actividad de cultura muestra un desarrollo sostenible con una amplia programación que se extiende a todas las comunidades y zonas del municipio. Se realizan anualmente las tradicionales fiestas populares. Esta creada una agrupación artística de niños al estilo la Colmenita que gana cada día en calidad artística y nivel de actuaciones dentro y fuera del municipio. La música cuenta con una orquesta profesional de música popular, así como varios grupos de aficionados. Existen muchas manifestaciones en la escultura, la literatura, entre otras. Muchas esculturas que hoy embellecen la ciudad han salido de las manos de artistas moenses.

En el deporte la provincia dispone de 20 instalaciones de las cuales 1 es piscina y 19 terrenos al aire libre. Existen en el municipio 3 atletas considerados glorias deportivas y figuras relevantes, que han participado en numerosos eventos internacionales.

En la Asamblea del Poder Popular de finales del 2009 se aprobaron los símbolos, distinciones y condecoraciones que se otorgarán a personalidades - hijos ilustres u otras personalidades - que así lo ameriten, en asamblea solemne todos los años en saludo al aniversario de creación de la ciudad de Moa reconocido como el 7 de noviembre.

Moa cuenta con hijos ilustres que con su propia vida han enriquecido la gloriosa tradición de lucha del pueblo cubano y aunque no nacieran aquí como Pedro Soto Alba son considerados por el pueblo como hijo suyo y constituyen un ejemplo a seguir por las nuevas generaciones.

## ***2.3 La minería del níquel en Moa: impactos fundamentales de sus industrias***

### ***2.3.1 Impacto ambiental de la minería a cielo abierto***

Los tipos de extracciones mineras generan toda una serie de perjuicios sobre el medio ambiente y la salud.

El gran crecimiento de los sectores de la construcción y la ornamentación y el desarrollo de infraestructuras ha convertido a la minería a cielo abierto en el

procedimiento fundamental de extracción de materiales, sustituyendo a las explotaciones subterráneas.

La capa superficial natural que permanecía intacta con la extracción bajo tierra queda alterada irreversiblemente, dejando atrás un paisaje inerte. Asimismo, los acuíferos y los cursos de agua próximos pueden resultar afectados, poniendo en peligro la fauna y flora del lugar. Además, el arrastre de las partículas por el agua perjudica a la agricultura, al erosionar y esterilizar las superficies de cultivo.

La proximidad de las canteras a los núcleos de población produce también de manera indirecta nuevos problemas al medio ambiente, pues las excavaciones que ya carecen de cubierta vegetal se convierten en vertederos urbanos.

Además de su impacto ambiental, los problemas para la salud humana también se incrementan: Los gases, polvo en suspensión, ruidos y vibraciones de la maquinaria y explosiones pueden afectar a los habitantes próximos a estas minas, en forma de enfermedades respiratorias o del sistema nervioso.

El incumplimiento de las normas legales y la descoordinación de los organismos encargados del control de esta actividad minera han agravado el deterioro medioambiental, aunque según diversos expertos, la situación ha mejorado en los últimos años. En la actualidad, la estricta normativa que recae sobre las explotaciones mineras regula la composición de los vertidos, las emisiones contaminantes o la recuperación del paisaje afectado. Asimismo, los estudios de impacto ambiental contribuyen a evitar posibles errores y deterioros ambientales originados durante los trabajos de extracción.

La mayor parte de los problemas derivados de la actividad minera persisten durante largos periodos de tiempo. Por ello, la aplicación de medidas correctoras resulta esencial. Los expertos hablan de tres aspectos clave a la hora de gestionar una explotación minera de la manera más respetuosa posible con el entorno: Prevención del impacto, antes o durante las labores de explotación; restauración del terreno, devolviéndole en lo posible su aspecto

original; y remediación, tratando de solucionar los problemas que la restauración no ha sido capaz.

En cualquier caso, las minas a cielo abierto alteran de tal forma el entorno natural que no es posible recuperar por completo el entorno, ni siquiera con la reintroducción de las especies originales. En la actualidad se habla más bien de medidas compensatorias para rehabilitar la zona afectada, ofreciendo las condiciones que permitan albergar un nuevo hábitat. Y ninguna de estas tareas resultará efectiva a medio-largo plazo si no hay un seguimiento estricto del proceso.

### **2.3.2 *Cómo conseguir minas a cielo abierto más ecológicas***

Los expertos ofrecen una serie de recomendaciones a la hora de gestionar una explotación minera de superficie y de recuperar posteriormente la zona:

- Extracción selectiva de los materiales y utilización de redes de drenaje y depuración de vertidos
- Reutilización de los escombros, que pueden ser aprovechados como material para firmes de carretera, hormigones, materiales cerámicos; como fuente de energía en el caso del carbón; como fertilizante para la agricultura; o como elemento para restaurar suelos degradados
- Restauración del terreno, rellenando la cavidad minera utilizando las balsas y escombreras. Cuando esto no es posible, se utiliza la denominada "minería de transferencia", que recupera una zona del yacimiento mediante los materiales que se extraen en otra zona del mismo.
- Mantenimiento de los diques de contención de lodos, con lo que se pueden evitar catástrofes ecológicas.
- Remediación de los terrenos favoreciendo la formación de micorrizas, usando lodos ricos en nutrientes, o añadiendo cal para neutralizar la acidificación. Posteriormente, se procede a la introducción de especies vegetales, siendo recomendable el sembrado de trébol u otras leguminosas.

### **2.3.3 Impactos ambientales potenciales**

Todos los métodos de extracción minera producen algún grado de alteración de la superficie y los estratos subyacentes, así como los acuíferos. Los impactos de la exploración y predesarrollo, usualmente, son de corta duración e incluyen:

- alteración superficial causada por los caminos de acceso, hoyos y fosas de prueba, y preparación del sitio;
- polvo atmosférico proveniente del tráfico, perforación, excavación, y desbroce del sitio;
- ruido y emisiones de la operación de los equipos a diésel;
- alteración del suelo y la vegetación, ríos, drenajes, humedales, recursos culturales o históricos, y acuíferos de agua freática; y, conflictos con los otros usos de la tierra.

Tanto la extracción superficial, como la subterránea, incluyen los siguientes aspectos: drenaje del área de la mina y descarga del agua de la misma; remoción y almacenamiento/eliminación de grandes volúmenes de desechos; y traslado y procesamiento de los minerales o materiales de construcción. Este removimiento requiere el uso de equipos de extracción y transporte a diésel o eléctricos, y una numerosa y calificada fuerza laboral. Se requerirán amplios servicios de apoyo, por ejemplo un complejo de transporte, oficinas y talleres (parte de estos funcionarán bajo tierra en las minas subterráneas) y servicios públicos. El transporte del mineral dentro del área de la mina y hacia las instalaciones de procesamiento puede utilizar camiones, transportadores, el ferrocarril, poliducto o banda de transporte, y generalmente, incluirá instalaciones de almacenamiento a granel, mezcla y carga.

Las minas superficiales incluyen las canteras, fosas abiertas, minas a cielo abierto y de contorno, y removimiento de la cima de una montaña, que pueden ser de pocas hectáreas, o varios kilómetros cuadrados. Estas operaciones implican la alteración total del área del proyecto, y producen grande(s) fosa(s) y cantera(s) abierta(s) y enormes pilas de sobrecapa; sin embargo, es posible, a menudo, rellenar las áreas explotadas durante y después de la operación. Las preocupaciones ambientales de la extracción superficial incluyen las partículas

atmosféricas provenientes del tráfico vehicular, voladura, excavación y transporte; las emisiones, ruido, y vibraciones de los equipos a diésel y la voladura; las descargas de agua contaminada de la mina; interrupción de los acuíferos de agua freática; remoción del suelo y la vegetación; y los efectos visuales. Se excluyen los otros usos de la tierra en el sitio durante las actividades de extracción y producción. La estabilidad del talud o antepecho constituye una preocupación importante durante este proceso. La buena práctica de extracción requiere vigilancia constante para detectar cualquier movimiento del frente del antepecho que podría señalar la falla inminente del talud.

Los métodos de extracción subterránea incluyen el trabajo de anchurón y pilar, grada al revés, socavación y derrumbe, y frente corrido. Esto trae consigo la formación de grandes vacíos debajo de la superficie de la tierra y montones de piedra de desecho sobre la misma; en muchos casos, sin embargo, se rellenan porciones de los espacios subterráneos durante la extracción. La mayor parte de la excavación ocurre debajo de la tierra y requiere el uso de equipos de voladura, sin embargo, se realizan operaciones en la superficie también. Los posibles impactos de la extracción subterránea incluyen el retiro del suelo y la vegetación, creación de polvo, emisiones de los equipos a diésel que trabajan en la superficie, ruido, vibraciones causadas por la voladura, gases desfogados (voladura, operaciones a diésel), descargas de agua contaminada de la mina (nitratos, metales pesados, ácido, etc.), alteración de los acuíferos de agua freática, fracturas, inestabilidad o hundimiento de la tierra y obstáculos visuales.

La extracción hidráulica o a draga se realiza, usualmente, con los materiales aluviales que se encuentran junto a los lechos y orillas de los ríos modernos y antiguos, y en las áreas costaneras o los humedales. La excavación y procesamiento se efectúan con dragas flotantes a diésel (de cangilones y escaleras, de succión, o de rueda de cangilones), con las bombas y equipos de procesamiento de primera etapa a bordo; con dragas a diésel instaladas en la orilla, transportadores, planta de procesamiento o monitores hidráulicos (p.ej., poderosos chorros de agua que lavan el material de la orilla); o con esclusas que recolectan y dirigen el escurrimiento, y equipos de separación. Estas

operaciones alteran, totalmente, los estratos extractados y modifican la topografía local.

Durante el dragado, el material extraído se levanta del fondo mediante succión o excavadores mecánicos y luego se procesa; los desechos se vierten al agua o al suelo. Se barre el fondo sistemáticamente, durante la extracción con la draga; ésta se desplaza por el río o la orilla del mar; se profundizan o se modifican los canales del río, además, se ahondan los humedales y las áreas costaneras, dejando grandes montones de desechos. En las operaciones de arena y ripio, el material recuperado puede ser llevado a la orilla por poliducto, transportador o barcaza. Usualmente, se concentran los minerales a bordo (mecánica o químicamente, o mediante amalgamación) y se envían los productos de esta concentración o amalgama a la orilla para mejoramiento o procesamiento. El mercurio, que es el agente de amalgamación para el oro y la plata, provoca problemas ambientales muy especiales, y deberá ser manejado como corresponde. En la explotación de placeres, puede haber intensiva extracción de los antiguos bancos fluviales, muy arriba del nivel actual de lecho del río.

La lixiviación in situ necesita una amplia red superficial de hoyos, muy cerca el uno al otro, y poliductos y bombas para recircular el lixiviador por el cuerpo mineral (y luego de la extracción del mineral, se bombea una solución de lavado o neutralización). Los problemas operativos incluyen la pérdida de control del lixiviador, problemas con la tubería, derrames, fugas, e insuficiencia del lavado o neutralización. Los impactos incluyen la alteración del suelo, vegetación, recursos culturales e históricos, degradación de la calidad del aire debido a las partículas y las emisiones de los equipos a diésel, contaminación de las aguas freáticas con el lixiviador, y de las aguas superficiales con los derrames, y el ruido de las operaciones (taladros, tráfico, bombas). La lixiviación in situ necesita una amplia red local de transporte, ya pequeña y calificada fuerza laboral, equipos (taladros, camiones, grúas, generadores a diésel, bombas eléctricas), agua, fuente de energía eléctrica, instalaciones de apoyo (oficina, taller, almacenamiento y vivienda), campo de aviación, y caminos de acceso.

La lixiviación de las pilas de desechos puede involucrar la extracción de pilas de desperdicios y minas antiguas, o recuperación secundaria de una operación permanente, o, lo que es muy común, actualmente, en los depósitos de oro diseminados y pobres, lixiviación del material recién extraído en grandes montones, sea en la superficie, o en las fosas antiguas. Usualmente, se prepara la superficie de la tierra o el fondo de la fosa, colocando forros y ripio; se instalan tuberías y se amontona el material mineral encima (el mineral proviene, usualmente, de las minas superficiales). El lixivador (principalmente ácido sulfúrico para cobre y sodio, y cianuro para oro) se rocía o se vierte encima de las pilas, y luego se recoge para recuperar los metales. Después del proceso de lixiviación, se lava el montón, permitiendo que el líquido se filtre y extraiga el metal, o neutralice la pila antes de desecharla.

Los problemas operativos incluyen la falta de estabilidad de la pila, control del lixivador, erosión eólica e hídrica, fugas/filtración hacia el agua superficial y freática, problemas con la tubería, y lavado, neutralización o reclamación incompleto. Aparte de los efectos de la extracción superficial, los impactos incluyen la degradación de la calidad del aire debido a las partículas que el viento lleva de las pilas de lixiviación; sedimentación de los ríos locales con los materiales de la pila de lixiviación; contaminación del agua superficial por las fugas y derrames; deterioro del agua freática debido a la rotura del forro; pérdida de la fauna y animales domésticos en las piscinas de lixiviación; y el ruido de las bombas.

Los equipos de procesamiento incluyen las plantas de preparación y lavado, de separación/concentración (separación por gravedad, lixiviación, amalgamación, intercambio iónico, flotación, etc.), refinerías y fundiciones. Las instalaciones de procesamiento de los minerales producen grandes cantidades de desechos (relaves, lama, escoria) que deberán ser eliminados en el sitio o cerca del mismo; a veces estos materiales pueden ser devueltos a las áreas donde la extracción ha terminado.

Las preocupaciones ambientales incluyen la alteración del suelo, vegetación y ríos locales durante la preparación del sitio; contaminación atmosférica proveniente de la separación, concentración y procesamiento (polvo fugitivo y

emisiones de la chimenea); ruido del transporte, transferencia, trituración y molienda del mineral; contaminación de las aguas superficiales por los derrames de los molinos y plantas de lavado; contaminación de las aguas freáticas debido a las fugas de las pilas de relaves y piscinas de lama; contaminación de los suelos, vegetación y aguas superficiales locales debido a la erosión eólica e hídrica de las pilas de desechos; eliminación de los desechos; impactos visuales; y conflictos en cuanto al uso de la tierra.

A menudo, las plantas de procesamiento de las regiones montañosas tienen dificultades para encontrar las áreas adecuadas para represar los relaves del concentrador, y, por consiguiente, descargan estos finos inertes a los ríos torrentosos. Aguas abajo, se asientan estos materiales en las curvas del río, canales anchos, planicies de inundación y aguas costaneras de poca profundidad. Los finos perjudican a los organismos acuáticos, y pueden causar represamiento e inundaciones en las comunidades que se encuentran aguas abajo (Impacto ambiental).

A continuación analizaremos la contaminación producida por la industria minera.

Se entiende por **contaminación de las aguas**, a la alteración física, química, biológica o simplemente estética, producida por la actividad del hombre directa o indirectamente.

Las aguas residuales tanto domésticas como industriales, al verterlas al cauce de un río, provocan una alteración del mismo. Si el agua que se vierte ha sido previamente tratada o depurada, dicha alteración será mejor.

Los contaminantes de las aguas residuales suelen clasificar siguiendo varios criterios como su estado físico, sus características químicas o físicas, o los indicadores más habituales para su caracterización:



**Figura 2.1.** Contaminación de las aguas residuales.

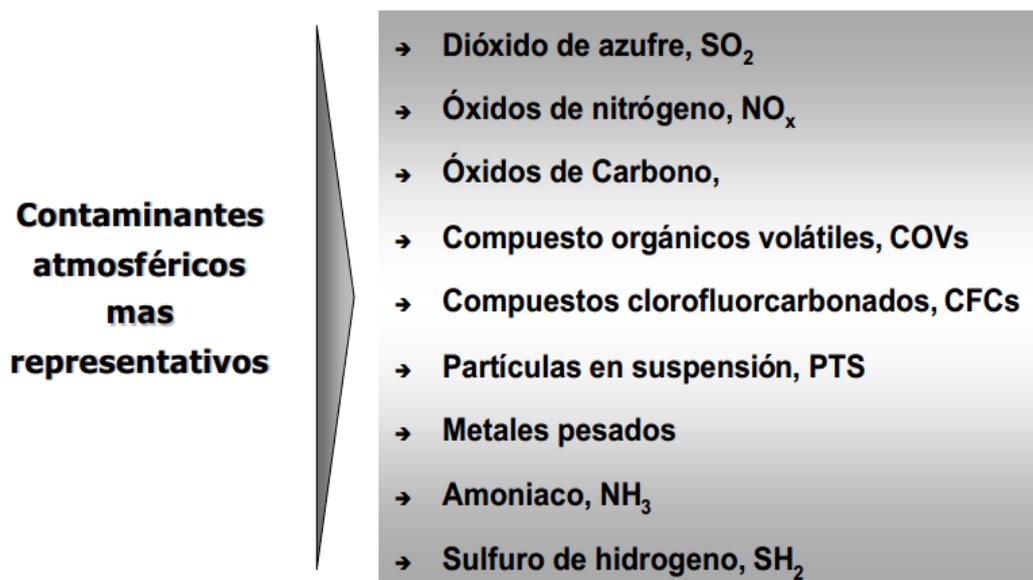
Los hoyos mal sellados, o que no tengan el entubado adecuado, pueden permitir intercambio y contaminación entre los acuíferos. Si no es neutralizada o tratada adecuadamente, el efluente del proceso de eliminación de agua de las minas superficiales o subterráneas, puede ser muy ácido, y contaminará las aguas superficiales locales y las aguas freáticas de poca profundidad, con nitratos, metales pesados o aceite de los equipos, reduciendo las existencias locales de agua, o causando erosión en los ríos y canales. El removimiento de los estratos de piedra puede interrumpir la continuidad del acuífero local, y producir interconexiones y contaminación entre las aguas subterráneas; el material de relleno puede alterar las características hídricas y calidad del agua. El dragado y la extracción de placeres, degradan la calidad del agua superficial, al aumentar su volumen de sólidos suspendidos, considerablemente, reducir la transmisión de luz, y recircular cualquier contaminante que se encuentra en los sedimentos del fondo. La extracción in situ puede contaminar el acuífero si se pierde control del lixiviador o se deja de neutralizar adecuadamente la región lixiviada al finalizar las operaciones.

Se pueden degradar las aguas superficiales locales si se descargan incorrectamente las aguas de proceso contaminadas, o si se produce filtración o fugas en las piscinas o poliductos de relaves, o si los solventes, lubricantes y químicos del proceso se derraman o se eliminan inadecuadamente.

La **contaminación atmosférica** se define como la presencia en el aire de materias o forma de energía que implique riesgo. Daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

En la contaminación atmosférica se pueden distinguir tres aspectos fundamentales:

1. Emisión de contaminantes
2. Dispersión de contaminantes o difusión atmosférica
3. Inmisión de contaminantes.



**Figura 2.2.** Contaminantes atmosféricos .

### **Efecto de la contaminación atmosférica:**

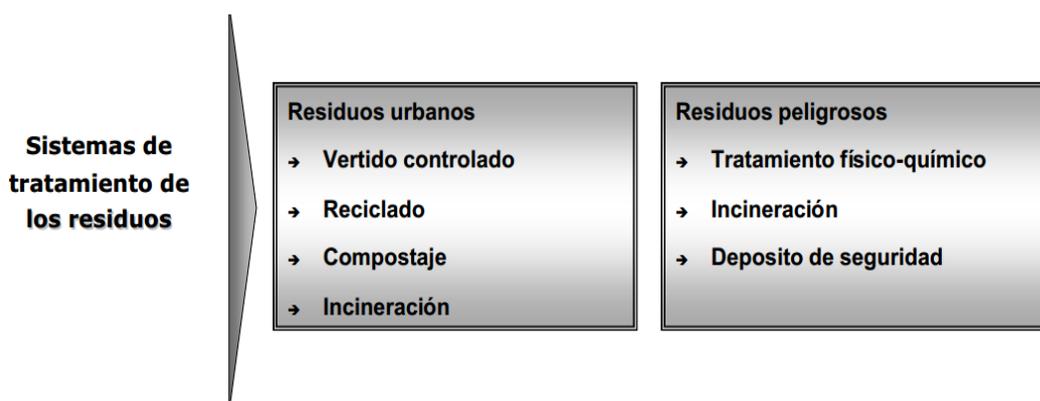
La contaminación atmosférica tiene consecuencias a nivel local, regional o global. Los efectos más importantes son la contaminación urbana a nivel local, la lluvia acida a nivel regional, y la disminución de la capa de ozono y el efecto invernadero a nivel global.

Las partículas atmosféricas provienen de la voladura, excavación y movimiento de tierras, transporte, transferencia de materiales, erosión eólica de la tierra floja durante la extracción superficial, o cualquier operación que ocurre en la superficie de las minas subterráneas. Los nitratos emitidos por la voladura y los productos de la combustión que producen los equipos a diésel, pueden estar

presentes en las minas, tanto superficiales, como subterráneas. Puede haber una concentración de radón en los respiraderos de las minas subterráneas. En las operaciones de dragado e in situ, estarán presentes los productos de combustión de los equipos a diésel. Durante el procesamiento, las partículas atmosféricas serán producidas por el transporte, reducción (tamizado, trituración o pulverización), tráfico vehicular, erosión eólica de las áreas secas de la piscina de relaves, caminos y pilas de materiales.

Residuos urbanos o municipales: los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

Residuos peligrosos: Toda sustancia o artículo que se convierta en desecho y que, por sus características físicas, biológicas o químicas, pueda representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana y que pertenece a cualquiera de las categorías incluidas en el Anexo I de la Resolución 136/2009 del CITMA y que forma parte integrante de la misma, excepto en los casos en que no presente ninguna de las características que para esas sustancias se relacionan en el Anexo II de esta propia Resolución y que también forma parte integrante de la misma .



**Figura 2.3.** Tratamiento de residuos.

## Tierra

Durante el proceso de extracción superficial, el removimiento y almacenamiento de la sobrecapa, y la construcción de las instalaciones auxiliares, significa la eliminación o cubierta de los suelos o vegetación, alteración o represamiento los ríos, drenajes, humedales o áreas costaneras, y modificación profunda de la topografía de toda el área de la mina. Durante el dragado o extracción de placeres, se concentran estos efectos en las áreas hídricas: se desvían los canales de los ríos, se crean lagunas residuales, y se eliminan las playas; se utilizan las orillas para depositar los desechos y construir las instalaciones auxiliares.

La extracción subterránea requiere terreno para la eliminación de los desechos de piedra, almacenamiento de los minerales y materiales pobres, y la construcción de las instalaciones auxiliares, cuyos efectos serán similares a los que se enumeraron, anteriormente, en el caso de la extracción superficial. La tierra en la superficie de las minas será inestable, y se producirá fracturación y hundimiento. La extracción puede causar la pérdida o modificación de los suelos, vegetación, hábitat de la fauna, ríos, humedales, recursos culturales e históricos, hitos topográficos, pérdida temporal o permanente de la productividad de la tierra, y contaminación de los suelos debido a los materiales minerales y sustancias tóxicas.

**Efectos que  
puede generar  
un espacio  
contaminado.**

- Contaminación de las aguas subterráneas
- Contaminación de las aguas superficiales
- Contaminación del abastecimiento de aguas.
- **Contaminación de los suelos:**
  - > **Deterioro de la flora y la fauna**
  - > **En cultivos y aparición de contaminantes en la cadena alimenticia**
  - **Deterioro de áreas recreativas.**
- **Afecciones a seres humanos**
- **Deterioro del ambiente interior de viviendas construidas encima de emplazamientos contaminados**
- **Afección de los trabajadores que desarrollan trabajos en el emplazamiento contaminado.**

**Figura 2.4 .** Contaminación de los Suelos.

## **Uso de la tierra**

La exploración minera constituye un uso intensivo y local de la tierra que es de corta duración; puede haber cierto grado de conflicto con los usos existentes no mineros. En las áreas remotas, se pueden atender a estas actividades desde el aire, obviando la necesidad de construir caminos de acceso y sufrir esa intrusión. Las minas superficiales, plantas de procesamiento, lixiviación de las pilas de desechos, operaciones in situ, y las actividades de superficie de las minas subterráneas, ocupan totalmente los sitios y excluyen los otros usos. En el caso de las minas subterráneas, el uso de la superficie encima de éstas depende de la magnitud del riesgo de hundimiento (que puede ser insignificante o seguro), y de la geología, profundidad del mineral y método de extracción. La posibilidad de utilizar la tierra después de que se terminen los trabajos de extracción dependerá del tipo, grado y éxito de la producción.

Los nuevos caminos de acceso, servicios públicos y ciudad(es) no sólo animan la afluencia de pobladores y el desarrollo secundario, relacionado o no a las actividades mineras, sino que pueden, también, estimular el desarrollo espontáneo y modificación o degradación de las áreas remotas; esto puede continuar después de la terminación del proyecto minero.

## **Recursos culturales**

La alteración de la superficie a causa de las operaciones de extracción y construcción, puede degradar o destruir los recursos culturales, lugares históricos y sitios religiosos indígenas. La mayor presencia humana en el área puede conducir al vandalismo de los sitios no protegidos.

## **Gente**

Las actividades de exploración y extracción interferirán, en cierto grado, con las otras actividades que pueden existir, o estar planificadas en el área; por ejemplo, las vibraciones de la operación de los equipos y la voladura, así como el ruido y el polvo, causan serias molestias y problemas de salud en los trabajadores y residentes cercanos. La llegada de los trabajadores y sus familias puede sobrecargar los servicios comunitarios y causar la "bonanza y

quiebra" y conflictos económicos, sociales o culturales, o aún desplazar la población local. Usualmente, el equipo inicial de construcción es transitorio y pronto se lo reemplaza el personal de operaciones, que es permanente y menos numeroso.

#### **2.3.4 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.

##### **2.3.4.1 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.

### ***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.

### ***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.

### ***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.

#### ***2.3.4.2 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.

### ***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.

### ***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.

### ***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.

#### ***2.3.4.3 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 proyectos 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.

## ***2.4 Los instrumentos jurídicos existentes en Cuba en materia de evaluación ambiental***

### ***2.4.1 La Estrategia Ambiental Nacional como instrumento de la política ambiental cubana***

A partir de la introducción en 1992 en la Constitución cubana del concepto del desarrollo económico y social sostenible, la aprobación de diversas legislaciones sobre recursos naturales en 1993 y la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en 1994, se fortalece la política y la gestión ambiental nacional. Se hace entonces evidente la necesidad de estructurar los elementos claves de esa política ambiental, en un marco estratégico que definiera con claridad y concisión los principales problemas ambientales del país y las acciones para enfrentarlos.

Como resultado de los esfuerzos institucionales se aprueba por el Gobierno en 1997 la Estrategia Ambiental Nacional (EAN). Este documento rector de la

política ambiental del país constituyó una herramienta clave del quehacer ambiental, que contribuyó a estructurar y proyectar importantes avances de la gestión ambiental nacional y a fortalecer el concepto del desarrollo económico y social sostenible en la Constitución de la República de Cuba. Si bien no todos sus propósitos fueron alcanzados, en algunas áreas se rebasaron las expectativas proyectadas.

Las experiencias adquiridas en la implementación y la identificación de logros y limitaciones en el primer ciclo estratégico iniciado en 1997, constituyeron las bases para el diseño y conformación de una nueva versión de la Estrategia Ambiental Nacional en el año 2007.

En cumplimiento del Acuerdo del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros No. 5863 de 4 de enero del 2007, se promulgó la Resolución 40/2007 del CITMA, por la que se aprobó la nueva EAN 2007 / 2010, que entró en vigor con su publicación en la Gaceta Oficial el 18 de abril de 2007.

La EAN 2007 – 2010, al igual que su antecesora, ha constituido una importante herramienta para la instrumentación de la política ambiental cubana durante su período de implementación. El cumplimiento de sus objetivos y acciones, representan una significativa contribución a las metas del desarrollo económico y social sostenible en Cuba.

En su edición actual, que se proyecta para el período 2011-2015, se retoman los principales presupuestos del ciclo anterior, se aprovechan las experiencias adquiridas y se fortalece la Estrategia con un nuevo enfoque, que combina una aproximación política a las bases de la política ambiental cubana, con la existencia de un programa anual a partir del cual se implementan la metas y acciones de la Estrategia.

Los “Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución” recientemente aprobados (18 de abril de 2011), dotan de un nuevo impulso a la política ambiental nacional y así han sido reflejados en el texto de esta Estrategia.

La Estrategia Ambiental Nacional 2011 – 2015 constituye así un marco general que incluye la definición de los principales problemas ambientales del país, los

objetivos estratégicos y las metas generales. Se materializará a través de Programas Anuales de Implementación, ajustados a cambios institucionales y económicos, compatibilizado con el Plan de la Economía y que recojan las principales acciones para dar cumplimiento a los objetivos proyectados para el año en cuestión.

#### **2.4.1.1 Los objetivos estratégicos generales son:**

- Establecer prioridades y líneas de acción que permitan alcanzar niveles superiores en la protección y uso racional de los recursos naturales, la conciencia ambiental ciudadana y la calidad de vida de la población.
- Fortalecer la aplicación de medidas de adaptación a los impactos del cambio climático en la gestión de los recursos naturales, el desarrollo de actividades económicas fundamentales y el ordenamiento del territorio.
- Contribuir en la búsqueda de la seguridad alimentaria, mediante la promoción del uso racional de los suelos, las aguas, la biodiversidad y demás recursos naturales.
- Alcanzar impactos significativos en la protección y rehabilitación del medio ambiente cubano a través de la prevención, minimización y solución sistemática de los principales problemas ambientales en el país.
- Perfeccionar la aplicación de los instrumentos de la política y la gestión ambiental.
- *Fortalecer la atención a la salud ambiental y reducir los riesgos de enfermedades vinculadas a factores ambientales, especialmente las relacionadas con contaminantes del agua, la atmósfera y el suelo.*
- *Promover la aplicación de instrumentos y mecanismos de carácter financiero para valorar y ordenar los elementos ambientales relacionados con las actividades económicas y sociales.*
- Perfeccionar las respuestas brindadas a las consultas del proceso inversionista del país como garantía de la protección ambiental y uso racional de los recursos naturales.
- *Fortalecer la aplicación de las funciones que en materia ambiental corresponden por Ley a los gobiernos locales y profundizar en la*

*delimitación de las funciones estatales, en materia ambiental, del CITMA respecto a los gobiernos territoriales.*

#### **2.4.1.2 Principios en que se sustentan la política y la gestión ambiental cubana**

1. Coadyuvar al desarrollo económico y social sobre bases sostenibles.
2. Reconocimiento del derecho ciudadano a un medio ambiente sano, donde la elevación constante de la calidad de vida de la población constituye el centro del quehacer ambiental nacional.
3. Constatación del deber social para con la protección del medio ambiente.
4. Aprovechamiento al máximo de los mecanismos económico-financieros que apoyen el enfrentamiento de los principales problemas ambientales.
5. Participación activa de todos los actores sociales, tanto a nivel central como local, sobre la base de una acción coordinada, fundada en la cooperación y la corresponsabilidad.
6. Proyección de la ciencia y la tecnología cubana en función de contribuir a la solución de los principales problemas ambientales.
7. Incremento de la conciencia ambiental, con énfasis en las acciones de educación, capacitación y comunicación ambiental.
8. Sustentación del trabajo ambiental sobre la base de la concertación, la cooperación y coordinación intersectorial.
9. Consideración de la territorialidad y la descentralización, como ejes de la gestión ambiental nacional.
10. Aplicación del enfoque ecosistémico como elemento clave de la gestión ambiental cubana y con énfasis especial en el vínculo natural existente entre la cuenca hidrográfica y la zona costera dadas las características geográficas de nuestro archipiélago.
11. Aplicación del concepto de Producción y Consumo Sostenible con énfasis en la adopción de estrategias de Producción Más Limpia y eficiencia en el uso de los recursos.
12. Desarrollo de una activa política ambiental internacional, procurando niveles efectivos de cooperación y concertación de las acciones en esta esfera.

### **2.4.1.3 Instrumentos de la política y la gestión ambiental.**

#### **➤ La Planificación.**

Objetivos específicos:

En correspondencia con los Artículos 19 y 20 de la Ley de Medio Ambiente, garantizar que todos los planes, programas y proyectos de desarrollo económico y social, sean de carácter nacional, provincial o municipal, se elaboren o adecuen, según proceda, en concordancia con los principios rectores de esta Ley, a las políticas, estrategias y programas ambientales establecidos por las autoridades competentes y a las disposiciones que emanen de éstas y que las medidas destinadas a la protección del medio ambiente formen parte integrante y prioritaria de los planes para la ejecución de proyectos de obras o actividades.

Fortalecer la implementación del Lineamiento 1, relativo a que el sistema de planificación socialista continuará siendo la vía principal para la dirección de la economía nacional, y debe transformarse en sus aspectos metodológicos, organizativos y de control y en ese sentido, contribuir a desarrollar las bases metodológicas necesarias para incluir en el sistema de planificación el balance del uso de los recursos naturales, así como para su adecuado control.

Velar porque en el desarrollo de todas las formas de gestión económica, incluidas las no estatales, se consideren debidamente las políticas ambientales y el marco legal.

#### **➤ Legislación Ambiental.**

Objetivos específicos:

Desarrollar las bases para una nueva Ley de Medio Ambiente en el país, acorde a las exigencias de los Lineamientos, que fortalezca las bases fundacionales de la política ambiental, al mismo tiempo que preserve todas sus conquistas logradas en más de 50 años de Revolución e incorpore el impacto de los cambios que vienen ocurriendo, incluyendo, entre otras líneas de acción: Una mayor interrelación entre economía y medio ambiente, convirtiendo al plan de la economía en eje de articulación de las políticas ambientales.

Una mayor contribución desde la política ambiental al crecimiento y la diversificación de exportaciones y la sustitución de importaciones.

Un acompañamiento más efectivo a las transformaciones estructurales, incluyendo el funcionamiento del sector agropecuario.

Una contribución mayor a las soluciones del desarrollo sostenible, a más largo plazo, que permitan una autosuficiencia alimentaria y energética altas.

El acompañamiento a los cambios que vienen ocurriendo en el ejercicio del gobierno a nivel local.

Sin perjuicio del perfeccionamiento del marco legal existente, profundizar en la aplicación de la legislación vigente. Prestar especial atención a las nuevas exigencias legales que derivan del cambio climático.

➤ **Ordenamiento Ambiental.**

Objetivos específicos:

Contribuir a la implementación del Lineamiento 120, relativo a la elevación de la calidad y la jerarquía de los planes generales de ordenamiento territorial y urbano a nivel nacional, provincial y municipal y su integración con las proyecciones a mediano y largo plazo de la Economía y con el Plan de Inversiones, garantizando la consideración de la dimensión ambiental en este ordenamiento incluyendo los riesgos sísmicos y otros desastres naturales.

Incorporar los resultados de los estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos en el Ordenamiento Territorial.

Incorporar en el ordenamiento territorial los resultados sobre impactos y vulnerabilidad en los asentamientos costeros por cambio climático y huracanes de categoría V.

➤ **Licencia Ambiental.**

Objetivo específico:

Lograr sinergia para el otorgamiento de las licencias ambientales e incrementar las medidas con enfoque preventivo.

➤ **Evaluación de Impacto Ambiental.**

Objetivos específicos:

En cumplimiento del Lineamiento 218, prestar atención prioritaria al impacto ambiental asociado al desarrollo industrial existente y proyectado, en particular, en las ramas de la química; la industria del petróleo y la petroquímica; la

minería, en especial el níquel; el cemento y otros materiales de construcción; así como en los territorios más afectados; incluyendo el fortalecimiento de los sistemas de control y monitoreo.

Consolidar la Evaluación Ambiental Estratégica.

➤ **Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA).**

Objetivos específicos:

Diseñar el Sistema de Información Ambiental con el fin de ofrecer una visión comparativa del estado del medio ambiente y evaluar las principales tendencias cualitativas y cuantitativas de su comportamiento.

Implementar el Sistema de Indicadores Ambientales y continuar perfeccionando su reflejo en las estadísticas oficiales del país.

Contar con un sistema efectivo de monitoreo ambiental de los indicadores pertinentes que tributan al Sistema de Información Ambiental.

➤ **Sistema de Inspección Ambiental Estatal.**

Objetivo específico:

Favorecer la inspección con elementos de autoregulación y reforzar los mecanismos adecuados de control estatal.

➤ **Educación Ambiental.**

Objetivos específicos:

Consolidar los procesos de educación ambiental en los Organismos de la Administración Central del Estado, instancias gubernamentales, los programas nacionales y proyectos de gestión ambiental y en los ecosistemas priorizados, de manera que contribuyan a la solución o mitigación de los problemas ambientales en la esfera de su competencia.

Fortalecer los procesos de comunicación ambiental para el desarrollo de capacidades en los medios de comunicación, comunidades e instituciones que contribuyan a la sensibilización y toma de conciencia de la población cubana.

Elevar la cultura de la sociedad cubana ante el cambio climático.

### ➤ **La Investigación Científica y la Innovación Tecnológica.**

Objetivos específicos:

En correspondencia con el Lineamiento 133, sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.

En el fomento del desarrollo de investigaciones sociales y humanísticas sobre los asuntos prioritarios de la vida de la sociedad, y el perfeccionamiento de los métodos de introducción de sus resultados en la toma de decisiones a los diferentes niveles, conforme al Lineamiento 137, propiciar el desarrollo de estudios relativos a la interacción de la sociedad y el medio ambiente.

### ➤ **Regulación Económica.**

Objetivos específicos:

Influir en el uso y manejo sostenible de los recursos naturales y en la protección del medio ambiente, mediante el empleo de instrumentos económicos adecuados a las actuales condiciones del país y en concordancia con el resto de los instrumentos definidos en esta estrategia, así como propiciar la evaluación de sus efectos.

Impulsar el creciente reconocimiento por el sector empresarial, de las posibilidades de los créditos blandos, la reducción de aranceles a tecnologías amigables con el medio ambiente, y la depreciación acelerada de las inversiones como formas de financiamiento, entre otras, a ser aprovechadas por las empresas en relación con la esfera ambiental.

Diseñar tributos de índole ambiental aplicables al marco municipal, que integren el tributo territorial previsto en los Lineamientos.

Influir en el potencial exportador de bienes y servicios ambientales.

➤ **Fondo Nacional de Medio Ambiente.**

Objetivo específico:

Incrementar el papel del Fondo como mecanismo para financiar proyectos o actividades dirigidas a la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales.

**2.4.2 Sistema de Gestión Ambiental (SGA)**

El Sistema de Gestión Ambiental (SGA) constituye el instrumento idóneo para encauzar las acciones de las entidades hacia la protección del medio Ambiente por tal motivo, el MINBAS establece este SGA como capítulo 09 del Manual para la Dirección y Organización Técnica de la Producción (MDOTP) y exige la implantación de estos sistemas en cada una de sus entidades por la NC-ISO 14001 del 2004.

Este capítulo 09 del MDOTP se ha confeccionado con la idea de que pueda ser empleado como documento de referencia fundamental para la implementación y la mejora continua del Sistema de Gestión Ambiental en cualquiera de las entidades del MINBAS mediante explicaciones, ejemplos y recomendaciones que faciliten el diseño del SGA y perfeccionen su funcionamiento.

El objetivo de este capítulo 09 es establecer los mecanismos de gestión que permitan a cualquier organización identificar y concentrar los esfuerzos en la solución de los problemas ambientales y lograr un cumplimiento real, eficaz y sistemático de la legislación ambiental vigente y en particular la Ley No. 81 del Medio Ambiente, sobre la base de la mejora continua y la aplicación de acciones de Producción más Limpia y poner a disposición de los Coordinadores de Gestión Ambiental de las organizaciones del MINBAS, una herramienta de carácter práctico, que facilite la interpretación de la norma NC ISO 14001 del 2004 y la implementación de un SGA que cumpla con los requisitos que establece la misma, y con las regulaciones que a respecto dispone el MINBAS, a la vez que dé libertad para que se adopten las modalidades y prácticas que les resulten más adecuadas para la organización y el control documental del SGA.

### **2.4.3 Legislación Ambiental Cubana Relacionada con el Manejo Sostenible de Tierra**

El uso insostenible de la tierra está dando lugar a una degradación de la misma. Junto con el cambio climático y la pérdida de la diversidad biológica, la degradación de la tierra es una de las amenazas principales para el hábitat, la economía y la sociedad. La degradación de la tierra es una pérdida a largo plazo de las funciones y servicios del ecosistema, causada por alteraciones de las que el sistema no se puede recuperar por sí mismo.

Con la finalidad de difundir la legislación vigente que se relaciona con el manejo sostenible de la tierra, se concibe el Compendio: “Legislación Ambiental Cubana relacionada con el Manejo Sostenible de Tierra”, el cual se compone de cuatro partes que abarcan las principales disposiciones jurídicas que se han identificado para el manejo sostenible de la tierra, organizadas de acuerdo a su jerarquía jurídica, Parte I: Leyes, Parte II: Decretos-Leyes, Parte III: Decretos y Parte IV: Resoluciones.

Es por ello que este compendio constituye un material de inestimable valor, en tanto posibilita la consulta de la legislación contenida en el mismo a juristas, especialistas que se desempeñan como gestores ambientales, inspectores integrantes del Sistema de Inspección Ambiental Estatal y otros especialistas en general, que trabajen relacionados con el manejo de los suelos, las aguas, el patrimonio forestal y el medio ambiente en general.

La legislación ambiental cubana se integra por cuatro grupos fundamentales de disposiciones jurídicas:

1. La legislación emitida antes de la promulgación de la Ley 33 “De Protección del Medio Ambiente y Uso Racional de los Recursos Naturales”, de fecha 10 de enero de 1981, derogada por la Ley 81 “Del Medio Ambiente”, de fecha 11 de julio de 1987, cuyo objeto de regulación jurídica guarda relación con la temática ambiental, dentro de las cuales se encuentra la Ley 41 “Ley de Salud Pública”;
2. La legislación que fue dictada con carácter complementario a la Ley 33 “De Protección del Medio Ambiente y Uso Racional de los Recursos Naturales”,

como es el caso del Decreto-Ley 153 “Regulaciones sobre Sanidad Vegetal”, Decreto 179 “Protección, Uso y Conservación de los Suelos y sus Contravenciones” y el Decreto-Ley 137 “Regulaciones sobre la Medicina Veterinaria”, las cuales en virtud de la Disposición Transitoria Primera de la Ley 81 “Del Medio Ambiente”, mantienen su vigencia en tanto no se opongan a la misma;

3. Las disposiciones jurídicas emitidas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, de acuerdo con las funciones y atribuciones que le fueron otorgadas, según se ha referido anteriormente, antes de la aprobación de la ley ambiental que paralelamente se venía elaborando debido a la necesidad de regular determinados procesos o actividades que, por su importancia, requerían de una instrumentación inmediata en el país, tal es el caso de la Evaluación de Impacto Ambiental y otras modalidades de licencias ambientales, como la relacionada con el comercio internacional de especies amenazadas de la flora y la fauna silvestre;
4. Las disposiciones legales promulgadas con posterioridad a la aprobación de la ley marco ambiental, como parte de su implementación, como es el caso del Decreto-Ley 190 “De la Seguridad Biológica”.

Durante el proceso de elaboración del compendio se identificaron, como disposiciones jurídicas relacionadas con este tema, 9 leyes, 11 decretos-leyes, 14 decretos y 48 resoluciones, emitidas por diferentes Organismos de la Administración Central del Estado, que conformaban la legislación ambiental cubana en tanto herramienta para la gestión ambiental aplicable al manejo sostenible de la tierra en el país (Anexo 8).

## **2.5 Conclusiones parciales**

En este capítulo se realizó una caracterización del municipio. Se identificaron los principales impactos de la minería y los instrumentos jurídicos existentes en Cuba en materia de evaluación ambiental.

# **CAPÍTULO 3: DISEÑO CONCEPTUAL DE LA “ONTOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS MINEROS”**

## **3.1 *Introducción***

Entre las metodologías de desarrollo de ontologías analizadas se escogió la guía propuesta por la división de Informática Médica de la Universidad de Stanford (Noy & McGuinness 2001). Siguiendo las fases de esta metodología, se describe el proceso de 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 empleadas para desarrollar ontologías, fue escogida dada su flexibilidad y la amplia documentación de que se dispone.

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

## **3.2 *Guía propuesta por la división de Informática Médica de la Universidad de Stanford***

### **3.2.1 *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.

La “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” permite la formalización del conocimiento del área de Evaluación de Impacto Ambiental Minero y favorece el desarrollo de sistemas inteligentes en esta área. Esta es utilizada por expertos ambientales.

El ingeniero de conocimiento se encarga de mantener y modificar la ontología de acuerdo con los requerimientos de los expertos ambientales. Esto se realiza mediante el proceso de retroalimentación con proyectos ambientales analizados.

### **3.2.2 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. ¿Qué factores pertenecen al subsistema M?
4. ¿El proyecto P que actividades realiza?
5. ¿La actividad A qué acciones realiza?
6. ¿Qué proyecto(os) realiza (an) la actividad A?
7. ¿La acción Ac a que actividad pertenece?
8. ¿Qué factores ambientales son afectados por la acción Ac?

9. ¿Qué impacto provoca la acción Ac?
10. ¿Qué acción provoca el impacto I?

### **3.2.3 Considerar el uso de ontologías existentes**

Existen ontologías que abordan el dominio de las evaluaciones de impacto ambiental, tal es el caso de UNSPSC ([www.unspsc.org](http://www.unspsc.org)) ontología de procesos y servicios que contiene los procesos principales relacionados con la gestión ambiental.

Sánchez Muñoz (2008) propone un Modelo Jerárquico de Evaluación de Impacto Ambiental empleando Técnicas Difusas, para ello desarrolla una ontología con el objetivo de representar conocimiento relacionado con el proceso de EIA, tipos de proyectos a los que debe realizárseles la EIA, metodologías de evaluación de impactos que pueden ser empleadas, los factores ambientales que pueden ser afectados y los impactos y afectaciones que provocan al medio ambiente las actividades del proyecto una vez puesto en marcha.

Igualmente, Garrido Sánchez (2011) propone una Ontología para la Evaluación de Impacto Ambiental de las Actividades Humanas, estructuración de la terminología utilizada en la EIA a partir de información obtenida principalmente de normas, legislación y literatura especializada.

Sin embargo, aunque estas ontologías incluyen de manera general los conceptos fundamentales referidos a las evaluaciones de impacto ambiental y las relaciones entre ellos, no comprenden de manera detallada información acerca de las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos mineros, en especial de la minería a cielo abierto; pero pueden ser utilizadas como punto de partida.

### **3.2.4 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.

### **3.2.5 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 de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” se ha utilizado el primer enfoque de arriba a abajo.

Se define en primer lugar Medio Ambiente, que es una de las clases más generales, esta se divide en Sistemas Ambientales, estos a su vez en Subsistemas Ambientales, los cuales se subdividen en Factores Ambientales, estos factores son agua, aire, etc. Tabla 3.1

**Tabla 3.1.** Estructura del medio ambiente

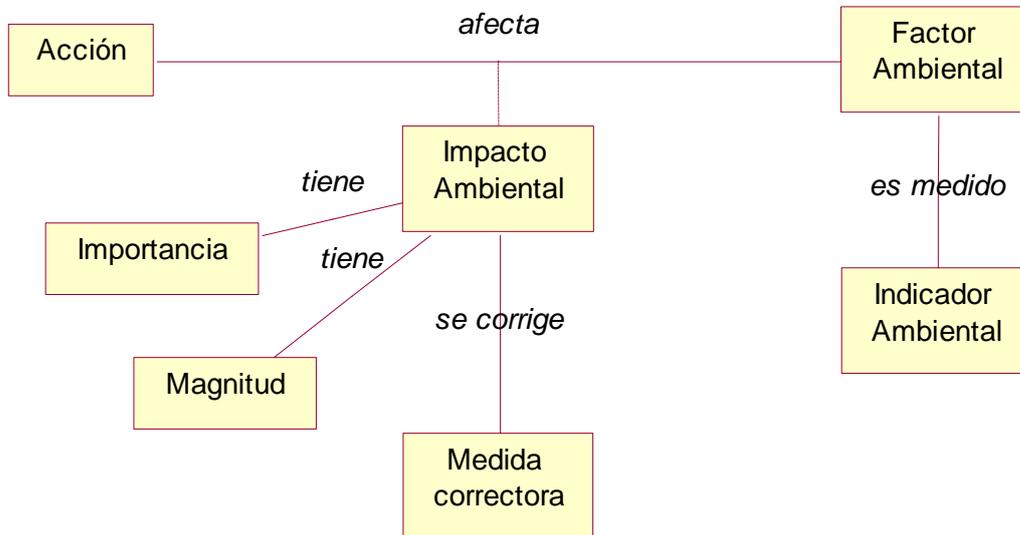
	<b>Sistemas Ambientales</b>	<b>Subsistemas Ambientales</b>	<b>Factores Ambientales</b>
<b>Medio Ambiente</b>	<b>Medio Físico</b>	<b>Medio Inerte</b>	Aire Agua Suelo Clima Geología Geomorfología
		<b>Medio Biótico</b>	Fauna Equilibrio ecológico Flora y vegetación
		<b>Medio Perceptual</b>	Paisaje
	<b>Medio Socioeconómico</b>	<b>Medio Económico</b>	Economía Población Infraestructura Uso del Suelo
		<b>Medio sociocultural</b>	Patrimonio social y cultural

Los factores son los que reciben los impactos ocasionados por las acciones que se desarrollan en las actividades de los proyectos mineros. Los impactos ambientales se valoran cualitativamente por medio de la importancia del impacto y cuantitativamente por medio de la magnitud del impacto. Las medidas correctoras permiten corregir o mitigar los impactos ambientales. En la figura 3.1 se muestra la estructura general de la ontología.

De igual manera, fue necesario tener en cuenta algunas restricciones que permitieran mantener la consistencia de la información representada en la ontología. A continuación se mencionan algunas 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.



**Figura 3.1.** Jerarquía de clases de la ontología.

### 3.2.6 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 consideró que debían tener.

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

**Tabla 3.2.** Clase Factor ambiental

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

**Tabla 3.3. Clase Proyecto**

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

**Tabla 3.4. Clase Actividad**

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

**Tabla 3.5. Clase Acción**

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

**Tabla 3.6. Clase Impacto**

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 3.7. Clase Medida Correctora**

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 3.8. Clase Indicador ambiental**

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
--------	--------------------------

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-Fernández 1997), esta será la propuesta que se utilizará. Las variables y su significado se muestran en el anexos 1.

**Tabla 3.9.** Clase Importancia del Impacto

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

**Tabla 3.10.** Clase Importancia del Impacto

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

### **3.2.7 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.

**Clase: Impacto Ambiental**

<b>Propiedad</b>	<b>Dominio</b>
➤ Nombre	Cadena de caracteres
➤ Descripción	Cadena de caracteres
➤ Acción	Instancia de la clase <b><i>Acción</i></b>
➤ Factor	Instancia de la clase <b><i>Factor Ambiental</i></b>
➤ Importancia	Símbolo
➤ Magnitud	Número
➤ Indicador	Instancia de la clase <b><i>Indicador Ambiental</i></b>

Hay otras restricciones más complejas que tienen que ver con la consistencia de la información representada en la ontología. A continuación se mencionan algunas 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 utilizado para medir la magnitud de un impacto ambiental debe pertenecer al conjunto de indicadores utilizados para medir la calidad del factor ambiental.

### **3.2.8 Crear las instancias**

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

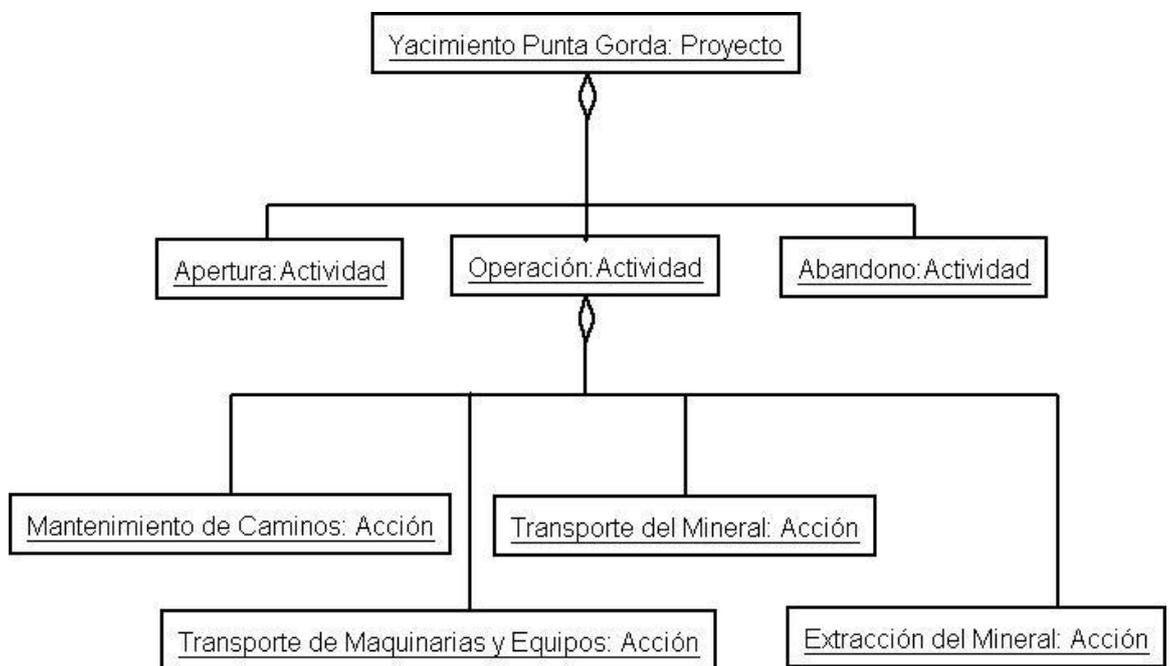
Definir un individuo requiere elegir una clase, crear una instancia para esa clase y rellenar los valores de propiedades. Puede suceder que para asignar las propiedades sea necesario crear nuevas instancias de otras clases.

En la ontología que se presenta se incluyen cuatro ejemplos de proyectos a los cuales se le realizaron 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; se crean las instancias de los impactos ambientales y las medidas correctoras utilizadas para mitigarlos y por último se crean las instancias de la clase Importancia Impacto.

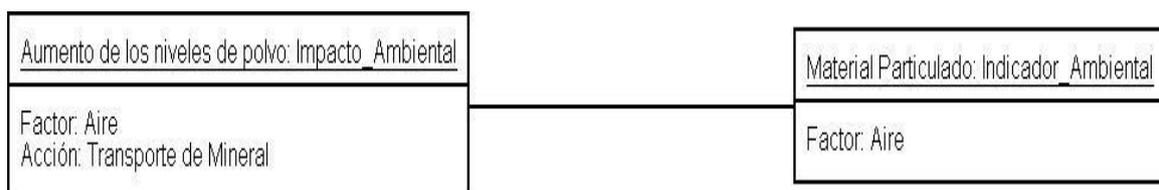
En el anexo 4 se listan las instancias que aparecen en la ontología.

En la figura 3.2 se muestra parte de la jerarquía de acciones del proyecto punta gorda.



**Figura 3.2.** Jerarquía de acciones del proyecto punta gorda.

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



**Figura 3.3.** Relación entre el impacto ambiental y el indicador ambiental.

### **3.3 Conclusiones parciales**

En este capítulo se explica el proceso de diseño de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” siguiendo las fases de la guía propuesta por la división de Informática Médica de la Universidad de Stanford.

# **CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE LA “ONTOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS MINEROS”**

## **4.1 *Introducción***

El desarrollo de ontologías es un proceso complicado que exige la toma de decisiones acerca del diseño y la iteración sobre sucesivas versiones de la representación conceptual, 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 general debido a que sólo funcionan adecuadamente cuando se aplican al dominio concreto para el que fueron construidos.

## **4.2 *“Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” en Protégé***

Al implementar la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” en Protégé, primeramente se crearon las clases (definidas en el capítulo 3).

Todas las clases más generales van a ser subclases de la clase **THING**, esta está definida por defecto en el programa y constituye la gran superclase de todas las demás que pudieran ser definidas.

Orden en que se implementó la ontología en protégé (anexo5).

1. Se crearon las clases de la jerarquía de sistema.
2. Se crearon las clases de la jerarquía de Proyecto cada una con sus propiedades o slots.
3. Se crearon las subclases de factor ambiental que va a ser los factores agua, clima etc.,

4. Se crearon las clases Impacto Ambiental, Medias Corretoras, Indicador Ambiental, Función Transformación, Importancia Impacto cada una con sus slots.
5. Se crearon las instancias de las clases ya definidas.

### **4.3 Implementación del razonador en CLIPS**

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 el archivo Ontologia.CLP que contiene:

1. Todas las clases y las relaciones entre ellas.
2. Las instancias de todas las clases.
3. Las preguntas de competencia.

### **4.4 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 de competencia 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. 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. (Anexo 8).

#### **4.4.1 Funciones del Clips utilizadas para la implementación del razonador**

Para la implementación del razonador se utilizaron las funciones que se muestran en el anexo 6.

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

- **Pregunta:** ¿El proyecto X que factores impacta?

### Implementación:

```
(deffunction Factores_Impactados ( ?nombre1 )
  (bind ?Class_F Factor+Ambiental)
  (do-for-all-instances
    ((?Pro_Fa ?Class_F)) true
    (do-for-instance
      ((?Proyecto ?Pro_Fa:Proyectos))
      (eq ?Proyecto:NOMBRE ?nombre1)
      (send-to-java (str-cat ?Pro_Fa:NOMBRE ";" ?Pro_Fa:Descripcion))
    )
  )
  (send-to-java "FIN")
)
```

A esta función se le debe introducir en nombre de un proyecto, esta busca y devuelve todas instancias de las clase "Factor+Ambiental" que son afectados por el proyecto, sino encuentra instancias el resultado es "FIN".

- Pregunta: Proyectos que realizan esta acción

### Implementación:

```
(deffunction accion_proyectos(?nombre)
  (do-for-instance
    ((?acc accion))
    (eq ?acc:NOMBRE ?nombre)
    (progn$ (?pry ?acc:Proyectos)
      (do-for-instance
        ((?pro Proyecto))
        (eq ?pro ?pry)
        (send-to-java (str-cat ?pro:NOMBRE ";" ?pro:Descripcion) )
      )))
  (send-to-java "FIN")
)
```

Se introduce el nombre de una acción y la salida es una lista con todos proyectos que realizan esta acción.

En el anexo 9 se muestra un a tabla con los nombres de todas las funciones, la entrada y salida de estas.

#### 4.5 Diseño de la interfaz visual de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” en Java

Para la extracción y utilización del conocimiento almacenado en la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” se diseñó e implemento la interfaz visual en una aplicación en Java. Esta nos permite dar respuesta a las preguntas de competencias relacionadas con los diferentes proyectos, Actividades, Acciones, Factores Ambientales, Impactos y Medidas Correctoras (figura 4.1). Por cada proyecto se puede obtener cuales son las actividades y acciones que realiza y cuales factores ambientales impacta. Y así hasta dar respuesta a todas las preguntas de competencias definidas e implementadas en la ontología (Anexo 8).

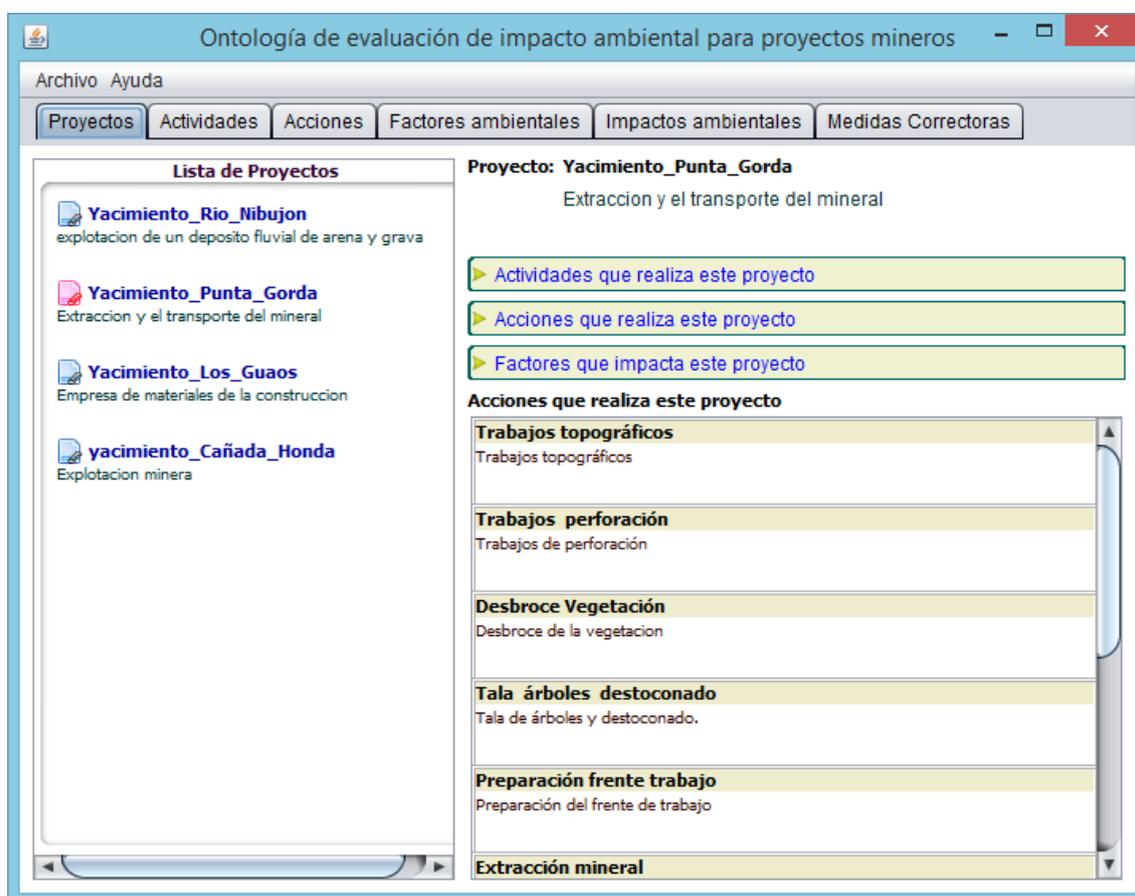


Figura 4.1. Interfaz visual de la ontología.

La Ontología agiliza y optimiza los procesos de consulta de información referente a la evaluación de impacto ambiental de proyectos mineros. Posibilita también, la generación de reportes finales una vez recuperada la información

requerida, o cuando sea necesaria la impresión de estos para iniciar otro proceso (Figura 4.2).

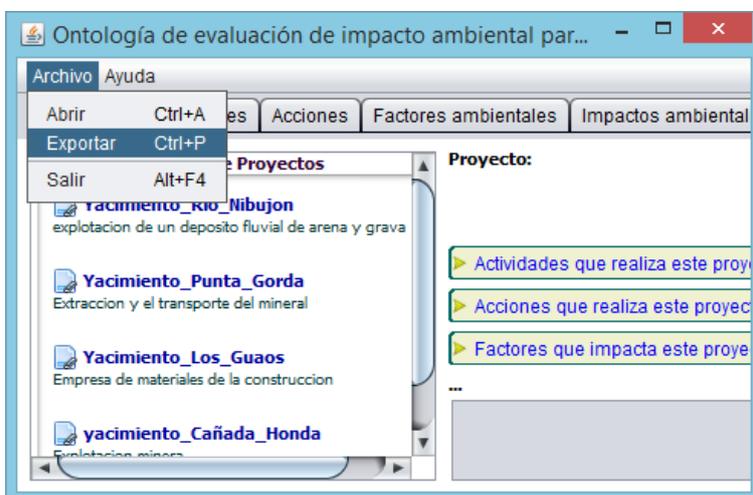


Figura 4.2 Exportar la información recuperada.

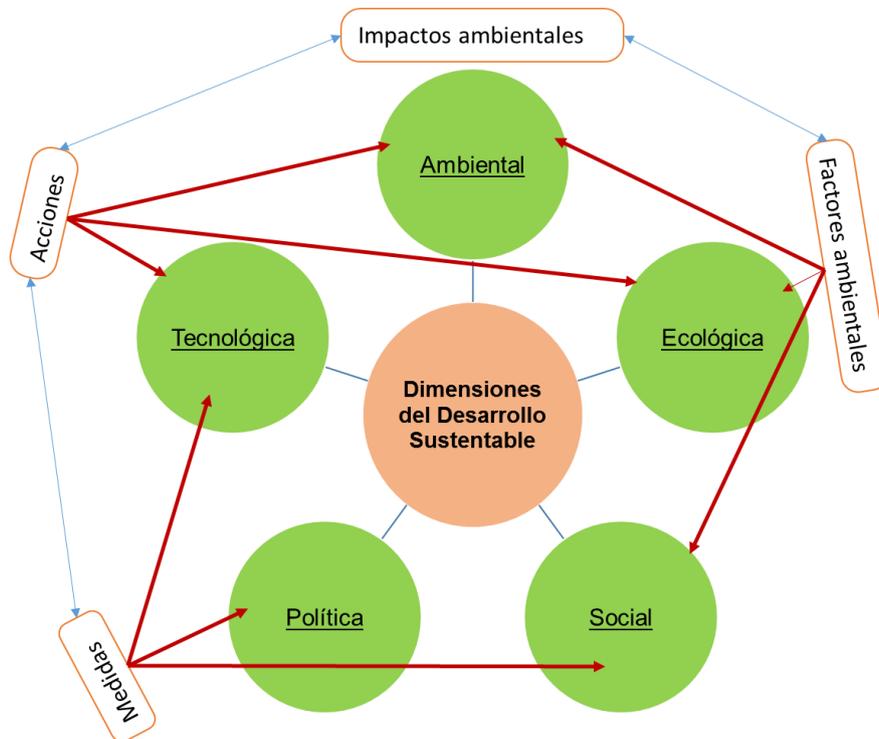
#### **4.6 Valoración del impacto de la “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” en el Desarrollo Sustentable**

Para lograr la sustentabilidad en la industria minera es necesario contar y respetar los Instrumentos de la política y la gestión ambiental mencionados en el capítulo 2 ya que estos nos permiten encauzar las acciones de las entidades hacia la protección del medio Ambiente. La información que se obtiene de todo este proceso es necesario presérvala para que sirva de material de consulta y de patrimonio cultural de las futuras generaciones en caso de producirse el cierre de las industrias mineras, por lo que se hace necesario representar y formalizar el conocimiento que se obtiene de todos estos procesos.

Es por ello que esta ontología tiene una gran relevancia ya que recoge toda la información sobre las Evaluaciones de Impacto ambiental para proyectos mineros, instrumento importante dentro de la política y gestión ambiental.

Cada término definido en el tercer paso de la metodología utilizada para el desarrollo de la ontología guarda estrecha relación con las dimensiones del desarrollo sustentable. Las acciones se relacionan con las dimensiones tecnológica, ambiental y ecológica; los factores ambientales con las

dimensiones ambiental, ecológica y social y las medidas con las dimensiones Social, política y tecnológica. Los términos de la ontología guardan relación entre sí (figura 4.3).



**Figura 4.3** Relación entre las dimensiones del desarrollo sustentable y la ontología

#### 4.7 Conclusiones Parciales

Se analizan las características generales del editor Protégé y del Lenguaje Clips, utilizado para la implementación del razonador que dará respuesta a las preguntas de competencia.

Se aborda además acerca del diseño de la interfaz visual en java.

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

## CONCLUSIONES

- 1- Se realizó el diseño e implementación de una “Ontología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos Mineros” que constituye una herramienta de apoyo a los expertos ambientales pues establece un lenguaje común que permite el intercambio eficaz de información.
- 2- Se definió el alcance de la ontología elaborando veintitrés preguntas de competencia, las cuales están orientadas según los pasos de la metodología para el proceso de evaluación de impacto ambiental.
- 3- La interfaz de usuario desarrollada permite consultar las preguntas de competencia para cada proyecto incluido en la ontología.
- 4- La evaluación de impacto ambiental, en el contexto actual, se entiende como un proceso de análisis que anticipa los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados.
- 5- La ontología permite a expertos ambientales configurar la información inicial para estudios de evaluación de impacto ambiental en proyectos mineros, así como identificar cuáles son las posibles afectaciones que se provocarán sobre el medio ambiente y las medidas de deben ser tomadas para mitigarlas.

## RECOMENDACIONES

- Aplicar la ontología desarrollada a todos los proyectos en el campo de la minería (en explotación, en proyección y los ya cerrados), para aumentar la información respecto al impacto ambiental y poder inferir el conocimiento relacionado con este tema.
- Añadir a la interfaz visual la capacidad de gestionar los datos de la ontología.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CECCARONI, Luigi, 2001. *Onto WEDSS- An ontology-Based environmental decisión-support system for the management of wastewater treatment plants*. [en línea]. [Consultado: 20140125]. Disponible en:  
<http://www.ciens.ucv.ve/escueladecomputacion/documentos/archivo/51>
- CEPAL, 2002. *La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*. [en línea]. [Consultado: 20140425]. Disponible en: <http://www.cepal.org/rio20/tpl/docs/5.dessost.julio2002.pdf>
- CONESA, FERNÁNDEZ, Vicente, 1997. *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental*. 3 ed. Madrid: Mundi-Prensa.
- CUBA. 1997: *Ley 81 del Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba*. La Habana: Edición extraordinaria, 11 de julio, año XCV, No. 7, p. 47.
- Clips,2014 [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en: <http://krakatoa.jsc.nasa.gov/~clips/CLIPS.htm>).
- Chimaera [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en: (<http://www.ksl.stanford.edu/software/chimaera>).
- Desarrollo sostenible*, 2014. En: Wikipedia [en línea]. [Consultado: 20140215]. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sustentable](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sustentable)
- FARQUHAR, Adam, 2004. *Tutorial Ontolingua*. University of Stanford. [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en: <http://www.stanford.edu>
- FERNÁNDEZ, Mariano; GÓMEZ, PÉREZ, Asuncion; PAZOS, Juan,1999. Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment.1094-7167/99. *IEEE Intelligent Systems*. January/February 1999.
- FERNÁNDEZ, LÓPEZ, M. *Overview of methodology for building ontologies*. Laboratorio de Inteligencia Artificial. [en línea]. Universidad politécnica de Madrid. Madrid. España. [Consultado: 20140113]. Disponible en: <http://www.lsi.upc.es/~bejar/aia/aia-web/4-fernandez.pdf>

- Foundation for intelligent Physical Agents, 2001. *FIPA Ontology Service Specification*. Knowledge Systems Laboratory. [en línea]. [Consultado: 20140325]. Disponible en:  
<http://www.fipa.org/specs/fipa00086/XC00086D.html>
- GARCÍA P, María Ángeles. 2011. *AER. Educación Ambiental*. [en línea]. [Consultado: 20140225]. Disponible en:  
<http://aplicacionesespecialesdelreciclaje.blogspot.com/p/aer-educacion-ambiental.html>
- GARRIDO SÁNCHEZ, Julián, 2011. *Ontología para la Evaluación de Impacto Ambiental de las Actividades Humanas*. Tutor: Ignacio Requena Ramos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 352 h.
- GRUBER, T., 1993. *A traslation approach to portable ontology specification*. Knowledge Acquisition. 1993. Vol. 5.
- ESPINOZA, Guillermo, 2007. *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. [en línea]. [Consultado: 20140225]. Disponible en:  
[http://www.academia.edu/7019404/Libro-Guillermo\\_espinoza\\_2007.\\_Gesti%C3%B3n\\_y\\_Fundamentos\\_de\\_la\\_Evaluaci%C3%B3n\\_Impacto](http://www.academia.edu/7019404/Libro-Guillermo_espinoza_2007._Gesti%C3%B3n_y_Fundamentos_de_la_Evaluaci%C3%B3n_Impacto)
- HECTOR ORTIZ, Kadir. Plataforma para el control del uso de Softwares educativos. Tesis de maestría, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cuba.
- HERNÁNDEZ, JATIB, Naísma; ULLOA, CARCACÉS, Mayda and ROSARIO, FERRER, Yiezenia, 2011. Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de construcción El Cacao. *Minería y Geología*. Vol. 27, no. 1: 38–53.
- HIGUERAS, Pablo, 2010. El impacto ambiental de la minería. [en línea]. [Consultado: 20140324]. Disponible en:  
<http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MAMT1.htm>
- Impacto ambiental potencial de la extracción y procesamiento de minerales, 2014*. En: Wikipedia [en línea]. [Consultado: 20140215]. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental\\_potencial\\_de\\_la\\_extracci%C3%B3n\\_y\\_procesamiento\\_de\\_minerales](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_potencial_de_la_extracci%C3%B3n_y_procesamiento_de_minerales)

- JASPER, Robert; USCHOLD, Mike, 1999. A framework for understanding and classifying ontology applications. Procc of the IJCAI-99 Worshop on ontologies and problem solve methods. *Seattle*. USA.
- Knowledge Interchange Format* [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en: <http://logic.stanford.edu/kif/kif.html>)
- MCGUINNESS, D; FIKES, R; RICE, R; WILDER, S, 2000. The Chimaera ontology Enviroment. American Association for Artificial Intelligence. [en línea]. [Consultado: 20140326]. Disponible en: <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/dmcguinness-aaaioo-camera-ready.doc>
- MEDINA, Maria Auxilio, 2003. An overview of ontologies. Technical Report. Universidad de las Américas Puebla. México. 2003. [en línea]. [Consultado: 20140424]. Disponible en: <http://www.starlab.vub.ac.be/teaching/ontologies-overview.pdf>
- MERENSON, Carlos, 2001. *Estrategia nacional de desarrollo sustentable*.
- MONTERO PEÑA, Juan Manuel, 2006. *“El desarrollo compensado como alternativa a la sustentabilidad en la minería (aprehensión ético –cultural)”*.
- Montero Peña Juan Manuel, 2006. Realidad minera y sustentabilidad en la minería. *Revista Futuros*, [en línea] No 13. 2006 Vol. IV. [Consultado: 20140213]. Disponible en: <http://www.revistafuturos.info>
- NOY, N. and MCGUINNESS, D., 2001. KSL-01-05: Ontology development 101: A Guide to creating your first ontology. S.I. Stanford University. Stanford knowledge Systems Laboratory Technical Report
- OLIVER D, Rubin D; STUART J; HEWETT M, Klein T and ALTMAN R, 2001. *Ontology development for a pharmacogenetics knowledge base. StanfordMedical Informatics*. Stanford University. 2001. [en línea]. [Consultado: 20140424]. Disponible en: [http://www-smi.stanford.edu/pubs/SMI\\_Reports/SMI-2001-0905.pdf](http://www-smi.stanford.edu/pubs/SMI_Reports/SMI-2001-0905.pdf)
- Ontología*, 2014. En: Wikipedia [en línea]. [Consultado: 20140215]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ontolog%C3%ADa>
- Ontology Exchange Language* [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en: <http://www.ontologos.org>
- Ontology Inference Layer* [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en: <http://www.ontoknowledge.org/oil/>)

- ontolingua [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en:  
<http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua>
- Open Knowledge Base Connectivity Home Page [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en: <http://www.ai.sri.com/~okbc>
- Protégé [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en:  
(<http://www.protege.stanford.edu>).
- SÁNCHEZ MUÑOZ, Darlines. *Modelo Jerárquico de Evaluación de Impacto Ambiental empleando Técnicas Difusas*. Tesis doctoral, tutor Miguel Delgado Calvo Flores. Universidad de Granada, 2008. 236 h.
- SILVA, Denis. 2006. *Desarrollo Sostenible vs Desarrollo Sustentable*. [en línea]. [Consultado: 20140425]. Disponible en:  
<http://es.scribd.com/doc/69779891/Desarrollo-Sostenible-vs-Desarrollo-Sustentable>
- SHOE [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en:  
<http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE>
- SOWA, Jhon F, 2003. *Building, Sharing and merging ontologies*. . [en línea]. [Consultado: 20140425]. Disponible en:  
[www.jfsowa.com/ontology/index.html](http://www.jfsowa.com/ontology/index.html)
- Stanford University [en línea]. [Consultado: 20140315]. Disponible en:  
<http://www.stanford.edu>
- USCHOLD, M, 1996. *Ontologies: Towards a unified methodology*. September 1996. AIAI-TR-197. [en línea]. [Consultado: 20140423]. Disponible en:  
<http://citeseer.nj.nec.com/uschold96building.html>
- USCHOLD, M & GRUNINGER, M, 1996. *Ontologies: Principles, Methods and Applications*. AIAI-TR-191. [en línea]. [Consultado: 20140424]. Disponible en: <http://citeseer.nj.nec.com/uschold96ontology.html>
- VIEZZER, Manuela, 2000. *ECAI Ontologies and Problem-Solving Methods & Ontology learning*. [en línea]. [Consultado: 20140427]. Disponible en :  
[www.cs.bham.ac.uk/~mvx/publications/onto-engineering/onto-engineering.html](http://www.cs.bham.ac.uk/~mvx/publications/onto-engineering/onto-engineering.html).
- WANG, Nianbin and XU, Xiaofei, 2000. A method to build ontology. High Performance Computing in the Asia-Pacific Region. Proceedings. The Fourth International Conference/Exhibition on. S.l.: s.n. May 2000. pp. 672

-673 vol.2. [en línea]. [Consultado: 20140324]. Disponible en:  
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=822554>

# ANEXOS

## Anexo 1: Variables para la determinación de la importancia de los impactos ambientales

**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		

## Anexo 3: Metodologías de desarrollo de ontologías analizadas

### Esquema metodológico para construir ontologías de Uschold & Gruninger.

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

### **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.

### **Método para construir ontologías según Nianbin & Xiaofei.**

Este método considera que la construcción de una ontología se lleva a cabo en cuatro pasos, tomando como base la propuesta de Uschold 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.

## **Una guía para crear ontologías de la Universidad de Stanford.**

La guía propuesta por la división de Informática Médica de 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.

## **Anexo 4: Instancias de 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

#### 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

Indicadores medioambientales con sus factores ambientales correspondientes:

#### Aire

1. Concentración de Monóxido de carbono (CO)
2. Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
3. Concentración de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)
4. Concentración de Ozono
5. Material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>25</sub>, 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

#### 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 denudadas con cobertura herbácea para disminuir la erosión eólica y por tanto la contaminación coneótica.
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 espaciado 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.

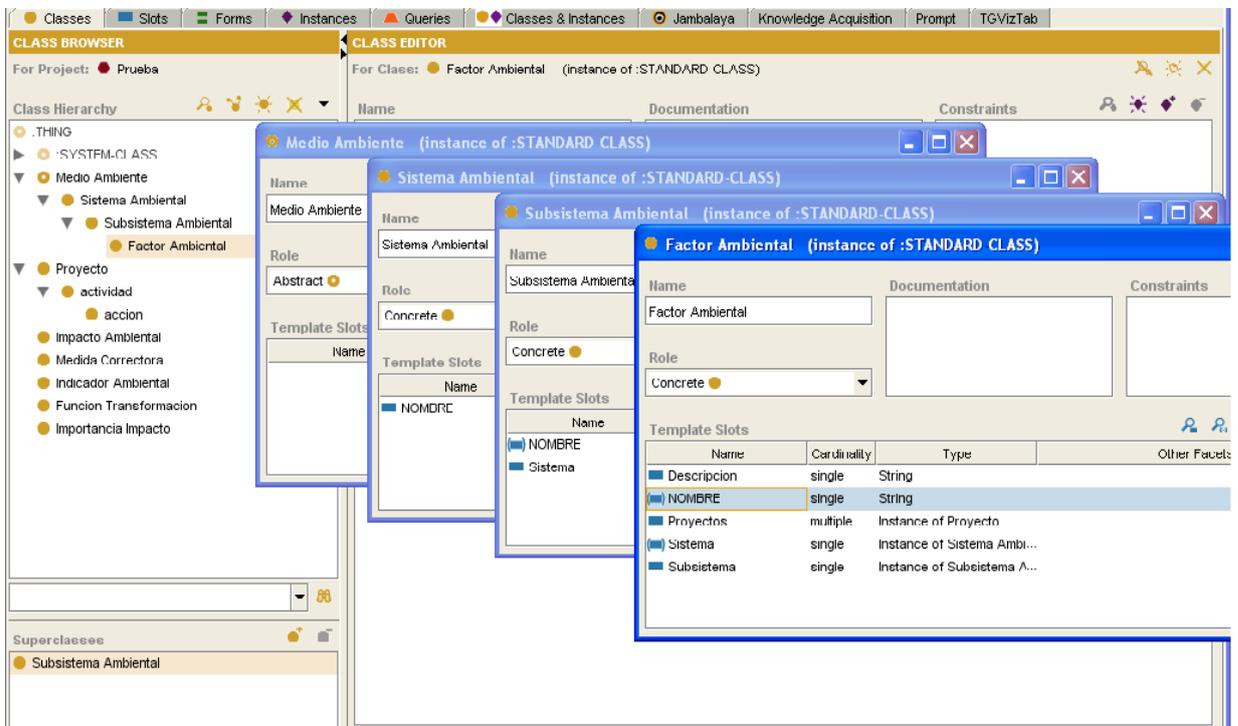
61. Selección y extracción de semillas y plantas, con el objetivo de aviverar especies endémicas para la rehabilitación de las áreas minadas.
62. Creación de viveros con plantas autóctonas
63. Remodelación y protección de taludes, para atenuar la acción de la erosión y favorecer la implantación de la 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 diálogo 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.

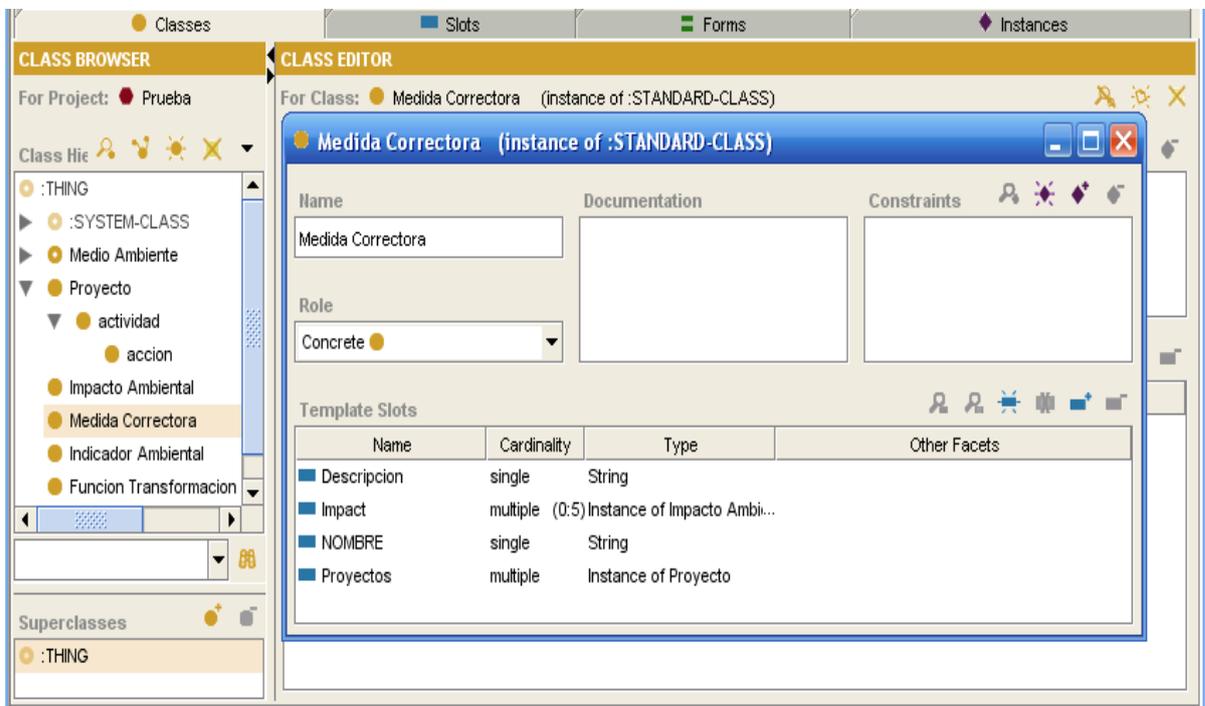
91. Emplear gaviones en los lugares más críticos para evitar la erosión y el derrumbe de las riberas.
92. Cumplir con las medidas de seguridad personal e industrial.
93. Descompactación adecuada de los suelos para realizar la revegetación.
94. Favorecer a los vecinos del lugar con los medios de transporte de la empresa y el abasto de agua.
95. Mantener el programa de educación para la salud.

## Anexo5: Implementación de la ontología en protégé.

### Jerarquía de sistema.



### Declaración de la clase “Medidas correctoras”.



## Declaración de la clase “indicador ambiental”.

The screenshot shows the CLASS EDITOR window for the class 'Indicador Ambiental' (instance of :STANDARD-CLASS). The interface includes a CLASS BROWSER on the left and a main editor area on the right.

**CLASS BROWSER:** Shows a class hierarchy for 'Prueba'. The selected class is 'Indicador Ambiental', which is a subclass of 'Medio Ambiente' and 'Proyecto'.

**CLASS EDITOR:** The main editor area shows the following details for 'Indicador Ambiental':

- Name:** Indicador Ambiental
- Documentation:** (Empty field)
- Constraints:** (Empty field)
- Role:** Concrete
- Template Slots:** A table listing the slots for this class.

Name	Cardinality	Type	Other Facets
Factor	single	Instance of Factor Ambie...	
FuncTransf	single	Instance of Funcion Trans...	
limite	single	Integer	
NOMBRE	single	String	
UM	single	Integer	

## Declaración de la clase “importancia impacto”.

The screenshot shows the CLASS EDITOR window for the class 'Importancia Impacto' (instance of :STANDARD-CLASS). The interface includes a CLASS BROWSER on the left and a main editor area on the right.

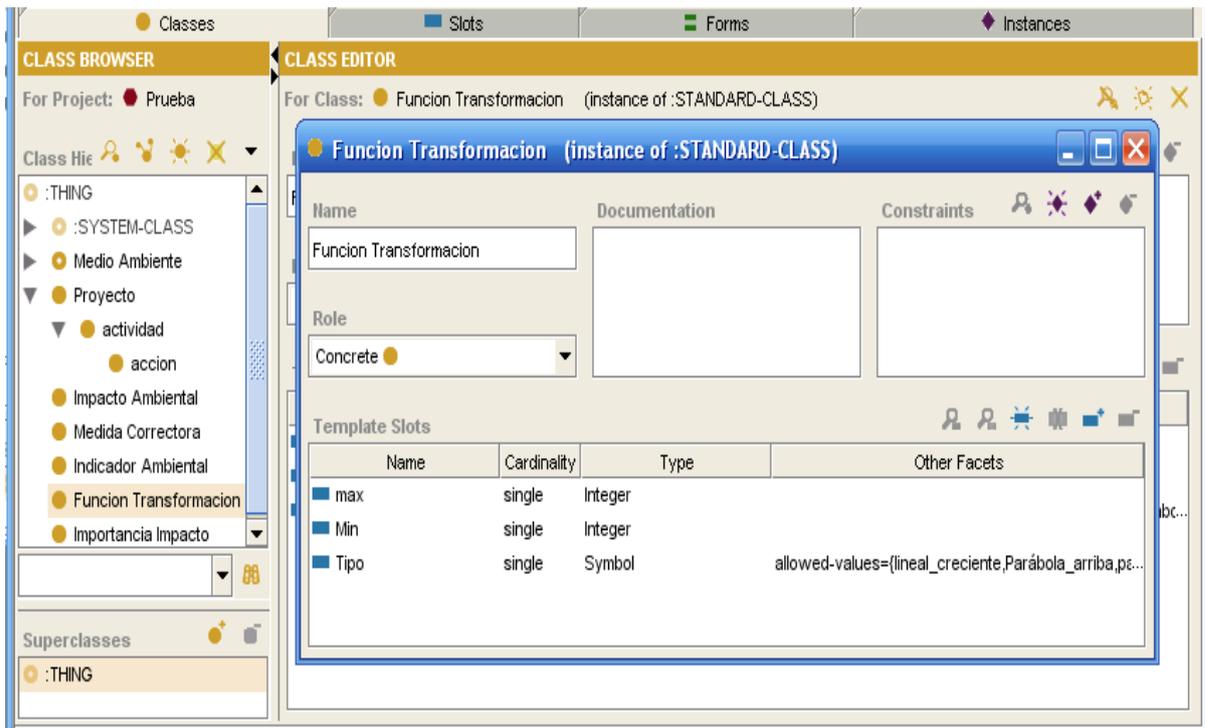
**CLASS BROWSER:** Shows a class hierarchy for 'Prueba'. The selected class is 'Importancia Impacto', which is a subclass of 'Medio Ambiente' and 'Proyecto'.

**CLASS EDITOR:** The main editor area shows the following details for 'Importancia Impacto':

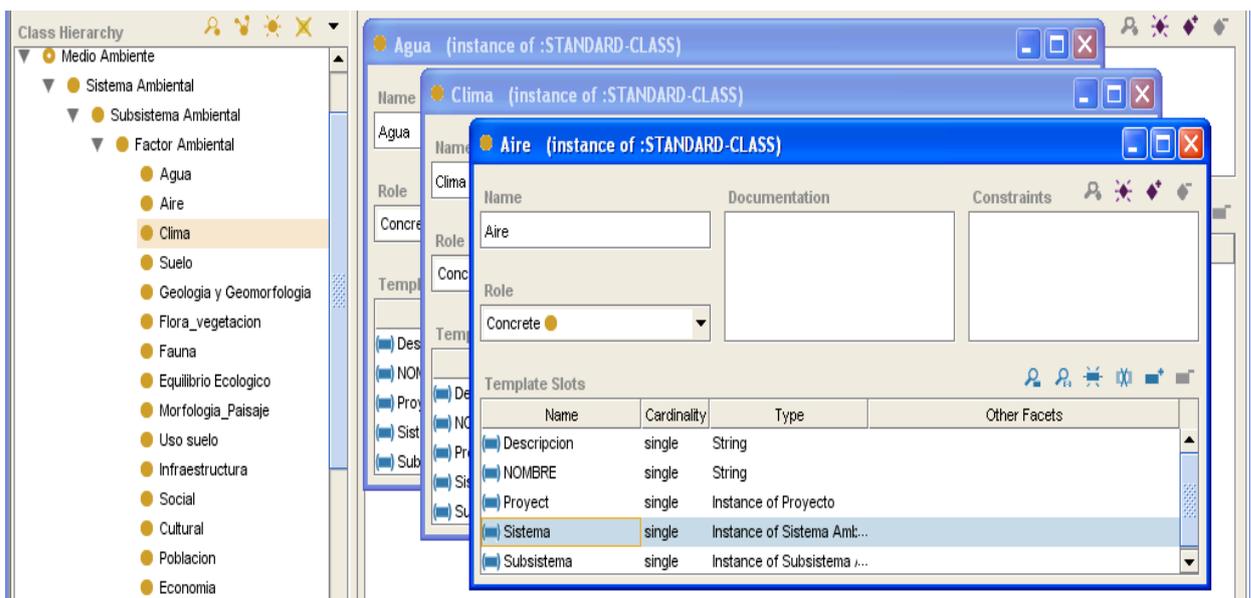
- Name:** Importancia Impacto
- Documentation:** (Empty field)
- Constraints:** (Empty field)
- Role:** Concrete
- Template Slots:** A table listing the slots for this class.

Name	Cardinality	Type	Other Facets
Acumulación	single	Integer	
Efecto	single	Integer	
Extensión	single	Integer	
Intensidad	single	Integer	
Momento	single	Integer	
Naturaleza impacto	single	Symbol	allowed-values={-,+}
Periodicidad	single	Integer	
Persistencia	single	Integer	
Recuperabilidad	single	Integer	

## Declaración de la Clase “función transformación”.



## Clases que heredan “Factor ambiental”.



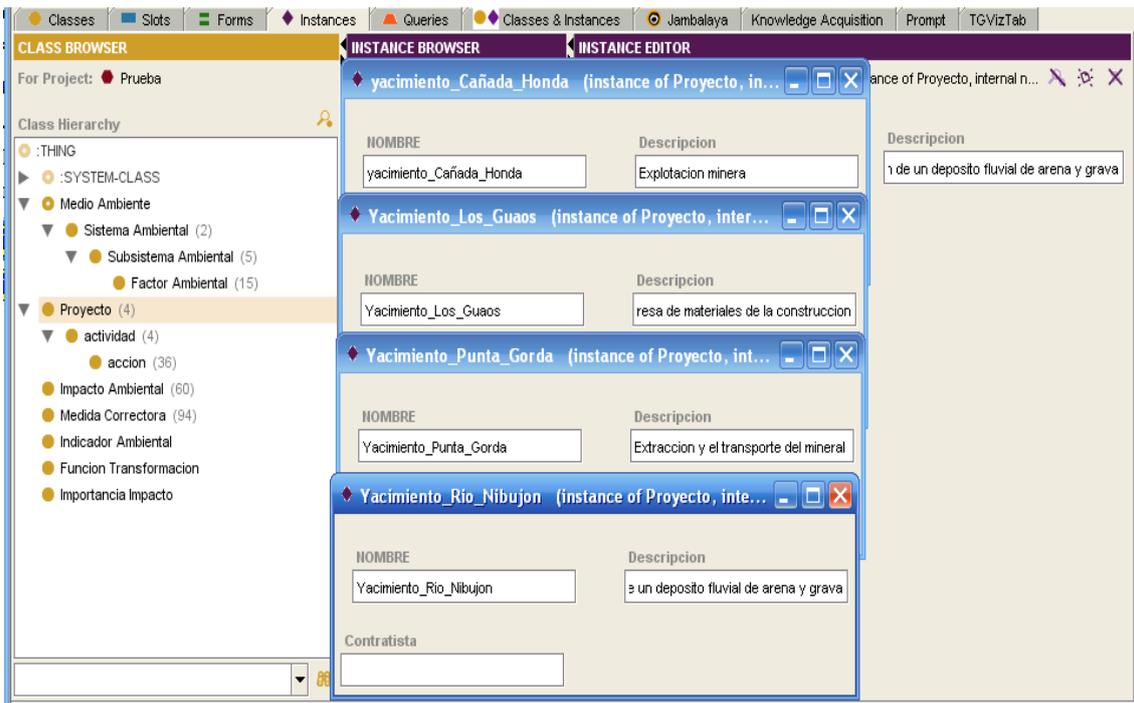
## Instancias de la clase "Sistema".

The screenshot displays a software interface with three main panels: CLASS BROWSER, INSTANCE BROWSER, and INSTANCE EDITOR. The CLASS BROWSER on the left shows a class hierarchy for 'Medio Ambiente', with 'Sistema Ambiental' (2) selected. The INSTANCE BROWSER in the center shows instances of 'Sistema Ambiental', including 'Medio Físico' and 'Medio Socio-económico'. The INSTANCE EDITOR on the right shows the details for 'Medio Socio-económico', with the 'NOMBRE' field containing 'Medio Socio-económico'. A small dialog box for 'Medio Físico' is also visible, showing its name in the 'NOMBRE' field.

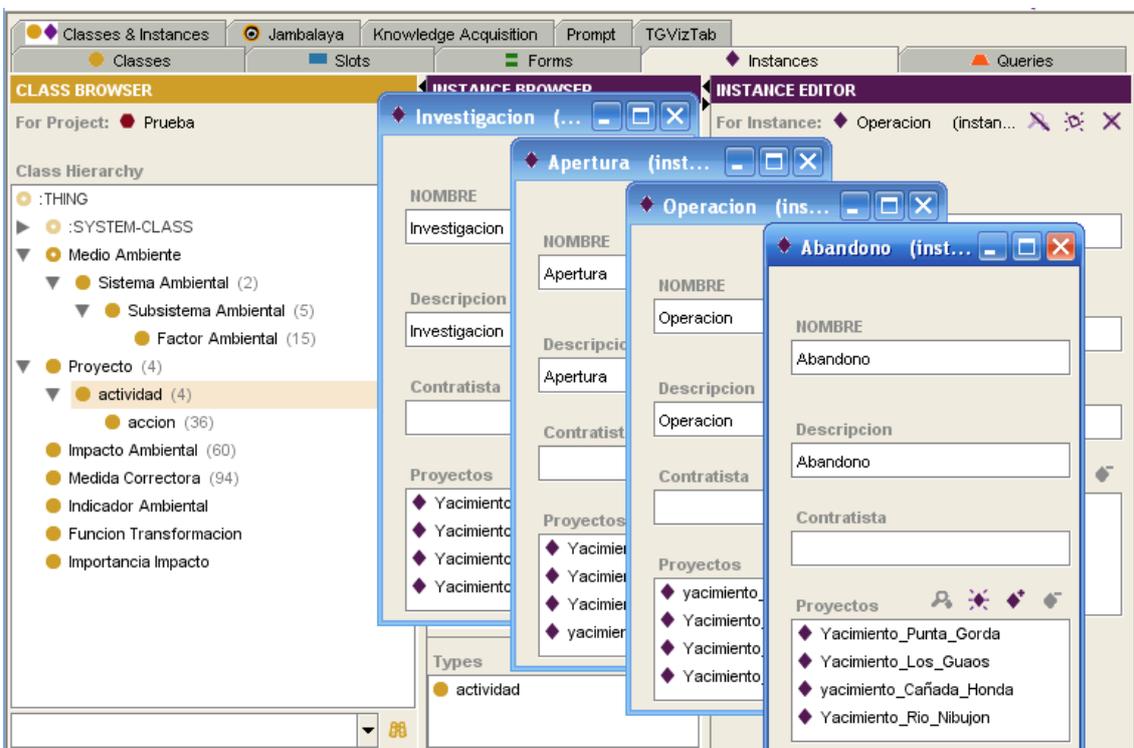
## Instancias de la clase "Sistema".

The screenshot displays the same software interface as above, but with multiple overlapping dialog boxes for different instances of the class 'Sistema'. The dialog boxes are titled 'Medio inerte...', 'Medio biótico...', 'Medio percept...', 'Medio económi...', and 'Medio Socio-c...'. Each dialog box shows the 'NOMBRE' field with the corresponding instance name. The INSTANCE BROWSER in the background shows a list of instances including 'Medio inerte', 'Medio biótico', 'Medio perceptual', 'Medio económico', and 'Medio Socio-cultural'. The INSTANCE EDITOR on the right shows the details for 'Medio Socio-cultural', with the 'NOMBRE' field containing 'Medio Socio-cultural'.

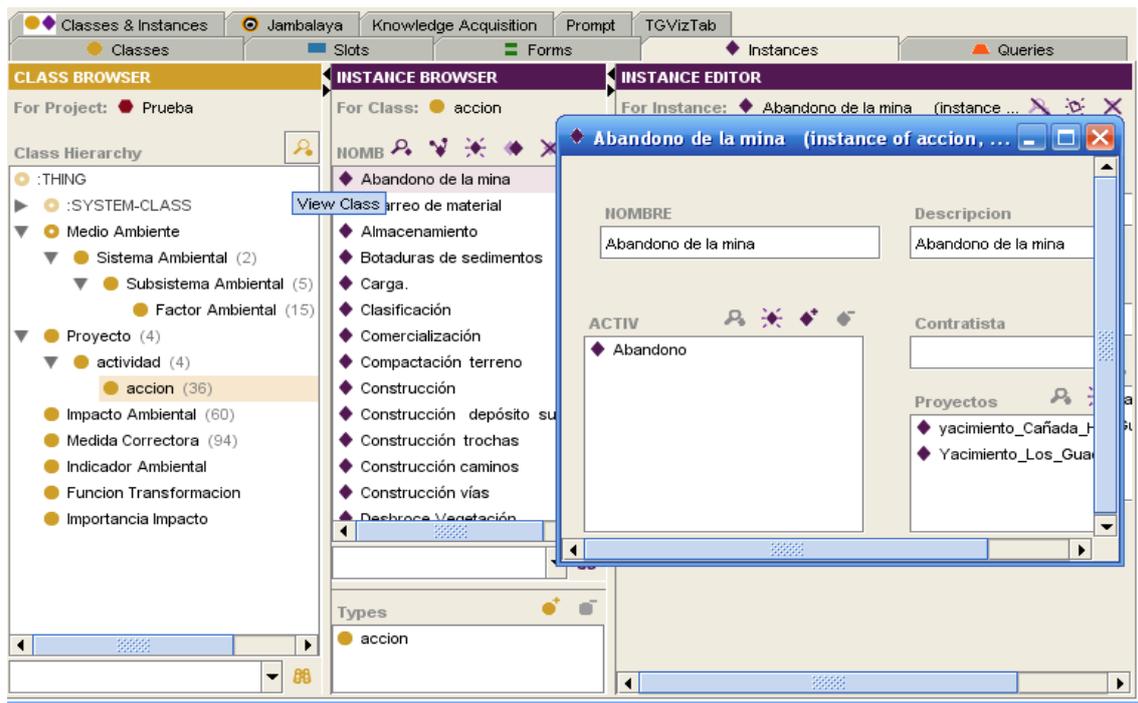
## Instancias de la clase “proyecto”.



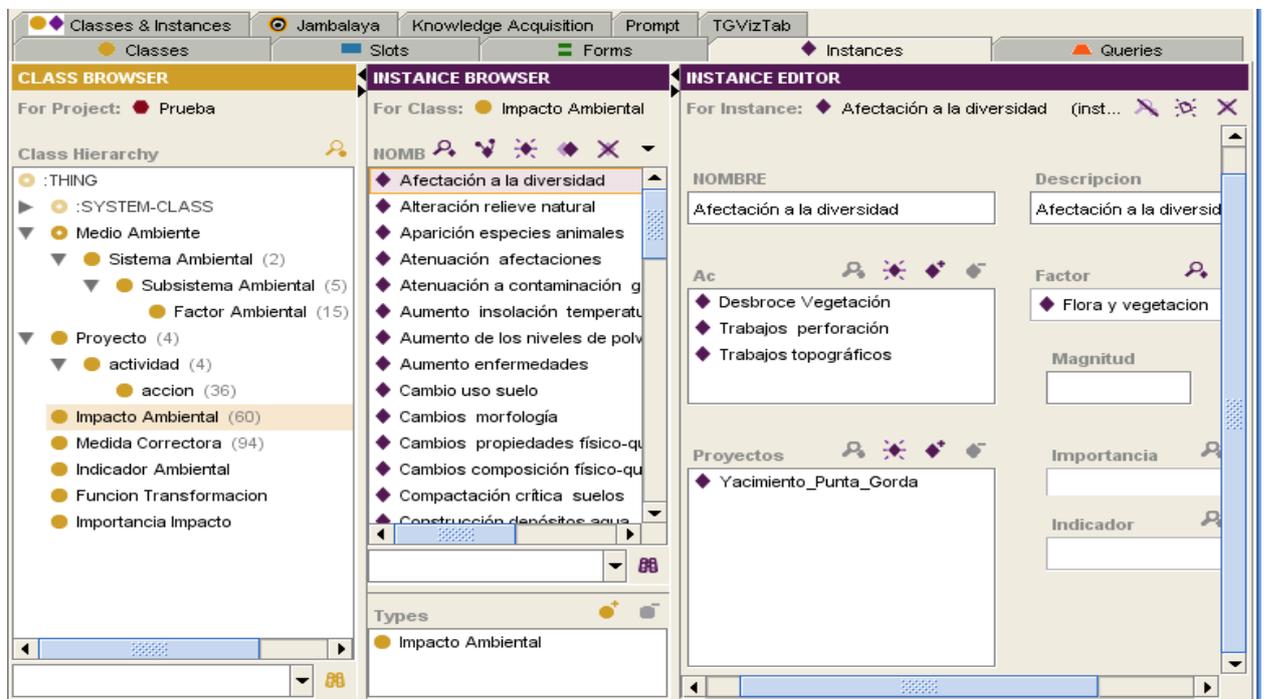
## Instancias de la clase “Actividad”.



## Instancias de la clase “Acción”.



## Instancias de la Clase “impacto ambiental”.



## Instancias de la clase “Medidas Correctoras”.

The screenshot displays a software interface with three main panels: CLASS BROWSER, INSTANCE BROWSER, and INSTANCE EDITOR. The CLASS BROWSER on the left shows a class hierarchy for 'Prueba', with 'Medida Correctora (94)' selected. The INSTANCE BROWSER in the middle lists various instances for the class 'Medida Correctora', with 'Colocar filtros manga' selected. The INSTANCE EDITOR on the right shows the details for this instance, including a name field with 'Colocar filtros manga', a description field with 'permitan la captación directa del polvo', and two other fields: 'Proyectos' with 'Yacimiento\_Punta\_Gorda' and 'Impact' with 'Aumento de los niveles de polvo'.

## Instancias de la clase “importancia impacto”.

The screenshot displays a software interface with three main panels: CLASS BROWSER, INSTANCE BROWSER, and INSTANCE EDITOR. The CLASS BROWSER on the left shows a class hierarchy for 'Prueba', with 'Importancia Impacto (49)' selected. The INSTANCE BROWSER in the middle lists various instances for the class 'Importancia Impacto', with 'Alteración relieve natural' selected. The INSTANCE EDITOR on the right shows the details for this instance, including a name field with 'Alteración relieve natural' and a table of impact parameters.

Impacto						
◆ Alteración relieve natural						
Naturaleza Impa	Intensidad	Extension	Sinergia	Persistencia	Efecto	
-	12	6	4	4	4	
Momento	Acumulacion	Recuperabilidad	Reversibilidad	Periodicidad	Valor	
4	4	4	4	4	84	

## **Anexo 6: Funciones del CLIPS utilizadas en la implementación del razonador.**

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 pasa 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.

str-cat: Permite concatenar varias cadenas.

## **Anexo 7: La legislación ambiental cubana**

### ➤ **Leyes:**

1. Constitución de la República de Cuba
2. Ley 81 “Del Medio Ambiente”
3. Ley 85 “Ley Forestal”
4. Ley 76 “Ley de Minas”.
5. Ley 41 “Ley de Salud Pública”
6. Ley 59 “Código Civil”
7. Ley 62 “Código Penal”
8. Ley 73 “Del Sistema Tributario”
9. Ley 75 “De la Defensa Nacional”
10. Ley 77 “De la Inversión Extranjera”.

### ➤ **Decretos –leyes:**

1. Decreto-Ley 136 “Del Patrimonio Forestal y la Fauna Silvestre y sus Contravenciones”
2. Decreto-Ley 137 “De la Medicina Veterinaria”.
3. Decreto-Ley 138 “De las Aguas Terrestres”.
4. Decreto-Ley 153 “De la Sanidad Vegetal”.
5. Decreto-Ley 164 “Reglamento de Pesca”.
6. Decreto-Ley 170 “Sistema de Medidas de la Defensa Civil”
7. Decreto-Ley 190 “De la Seguridad Biológica”.
8. Decreto-Ley 200 “Contravenciones en materia de Medio Ambiente”.
9. Decreto-Ley 201 “Del Sistema Nacional de Áreas Protegidas”.
10. Decreto-Ley 212 “Gestión De la Zona Costera”.
11. Decreto Ley-241 “Modificativo de la la Ley de Procedimiento Civil, Administrativo y Laboral”

### ➤ **Decretos**

1. Decreto 21 “Sobre la Planificación Física”.
2. Decreto 110 “Reglamento para la Protección del Ganado Porcino”.
3. Decreto 169 “Contravenciones de las Regulaciones sobre Sanidad Vegetal”.

4. Decreto 175 “Regulaciones sobre Calidad de las Semillas y sus Contravenciones”.
5. Decreto 176 “Protección a la Apicultura y a los Recursos Melíferos”.
6. Decreto 179 “Protección, Uso y Conservación de los Suelos y sus Contravenciones”.
7. Decreto 180 “Regulaciones sobre el Patrimonio Forestal y la Fauna Silvestre”.
8. Decreto 181 “Contravenciones de las Regulaciones sobre Medicina Veterinaria”.
9. Decreto 199 “Contravenciones de las Regulaciones para la Protección y Uso Racional de los Recursos Hidráulicos”.
10. Decreto 207 “Infracciones Administrativas Aduaneras”.
11. Decreto 222 “Reglamento de la Ley de Minas”.
12. Decreto 268 “Contravenciones de las Regulaciones Forestales”.
13. Decreto 272 “De las Contravenciones en materia de Ordenamiento Territorial y Urbanismo”.
14. Decreto 280 “Sobre las Comisiones del Plan Turquino, del Sistema de Reforestación y el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas”.

Anexo 8: 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 qué 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?
13. Buscar los Proyectos
14. ¿El proyecto X que acciones realiza?

15. Buscar las acciones
16. Buscar los factores ambientales
17. Buscar los impactos ambientales
18. Buscar las medidas correctoras
19. Buscar importancia de un impacto
20. Buscar importancia de los impactos
21. ¿Qué medidas aplicar para el impacto I?
22. Describir factores ambientales
23. Proyectos que realizan esta acción

#### Anexo 9: Funciones del razonador

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 del impacto

	(Nombre de la acción )	ambiental que ocasiona.
Acción_Impacto	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre del impacto )	Nombre de la acción que provoca el impacto
Buscar_proyectos		Lista de todos los proyectos.
Proyecto_Accion	?nombre: cadena de caracteres.	Lista de acciones que realiza el proyecto.
Buscar_acciones		Lista de todas las acciones.
Buscar_factor_ambiental		Lista de todos los factores ambientales.
Buscar_impacto		Lista de todos los impactos.
Buscar_Medida		Lista de todas las medidas.
Buscar_Importancia	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre del impacto )	Importancia del impacto.
Importancia		Lista de cada impacto con su importancia.
Impacto_Medida	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de la medida )	La medida para mitigar el impacto.
Describir_factores	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre del factor)	Descripción del factor ambiental.
accion_proyectos	?nombre: cadena de caracteres. (Nombre de la acción )	Lista de proyectos que realizan esta acción.