

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 6



**Base de conocimiento ontológico para el modelo de
desarrollo-producción UCI**

**Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas**

Autor: Miguel Angel Ginori Pérez

Tutor: Ing. Yunior Mesa Reyes

Co-Tutora: Ing. Liniuska Cardero Dieguez

La Habana, Julio de 2016

Año 58 de la Revolución

FRASE

"Aprendí que el coraje no es la ausencia del miedo, sino el triunfo sobre él.

El hombre valiente no es aquel que no tiene miedo, sino el que conquista ese miedo."

Nelson Mandela

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro ser autor del presente Trabajo de Diploma y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales del mismo, con carácter exclusivo.

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

Autor: Miguel Angel Ginori Pérez

Tutor: Yunior Mesa Reyes

Co-Tutora: Liniuska Cardero Dieguez

DATOS DE CONTACTO

Autor: Miguel Angel Ginori Pérez

Universidad de las Ciencias Informáticas

Correo electrónico: maginari@estudiantes.uci.cu

Tutor: Ing. Yunior Mesa Reyes

Especialidad de graduación: Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2009.

Categoría docente: Instructor (*Aspirante a Asistente*)

Categoría científica: Ninguna (*Aspirante a Máster*)

Años de experiencia en el tema: 6

Años de graduado: 6

Correo electrónico: ymreyes@uci.cu

Co-Tutora: Ing. Liniuska Cardero Dieguez

Especialidad de graduación: Graduada de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012.

Años de experiencia en el tema: 4

Años de graduado: 4

Correo electrónico: lcdiequez@uci.cu

AGRADECIMIENTOS

Primeramente le agradezco a la Revolución por haber creado esta Universidad y por haber permitido que todos los jóvenes puedan crecer en la vida y puedan cursar una carrera universitaria.

Le agradezco a toda mi familia, en especial a mis padres por confiar en mí y por haberme apoyado en todo momento.

Mi más grato agradecimiento a mis tutores por sus consejos y por la paciencia que han tenido conmigo durante todo este tiempo.

Les agradezco a todos mis amigos que me han ayudado en la confección de esta investigación y muy en especial a todos los profesores que me aconsejaron y que son un ejemplo para mí, como estudiante y como persona.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma a toda mi familia y muy en especial a mis padres y a mi abijada que son la fuerza que me ayuda a seguir adelante y a conquistar nuevas metas.

RESUMEN

En la actualidad, varias empresas de desarrollo de software emplean un modelo productivo, para guiar el proceso a realizar, para obtener un producto que satisfaga las necesidades de los usuarios. Este modelo productivo, debe propiciar un conocimiento común bien estructurado y organizado, de manera tal que pueda ser utilizado por los especialistas de las empresas y permita cumplir los objetivos definidos por dichas empresas. Por tal motivo la presente investigación aborda aspectos esenciales sobre el desarrollo ontológico como base de conocimiento, que permita organizar y representar el conocimiento de las áreas de proceso del modelo desarrollo-producción de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Para el desarrollo de esta propuesta se emplea la metodología de desarrollo de ontologías *Methontology*, a través de la cual se identifican los conceptos asociados al dominio a tratar y sus relaciones, para posteriormente diseñarlos y formalizarlos a través de la herramienta *Protégé*. La propuesta ontológica desarrollada brinda una estructura donde los conocimientos referentes a las áreas de proceso del modelo desarrollo-producción UCI se encuentran estructurados y organizados, lo que permite una mejor representación de los mismos. Todos estos elementos traen consigo un mejor empleo de dichos datos, sirviendo de apoyo para la recuperación del conocimiento, permitiendo además que puedan ser reutilizable en otras empresas que quieran certificar su modelo productivo en el nivel dos o tres de madurez del Modelo de Madurez de Capacidad Integrada (CMMI).

Palabras claves: Áreas de proceso, Ontología, CMMI, Modelo desarrollo-producción.

ABSTRACT

At present, several companies software development employ a production model to guide the process to be performed to obtain a product that satisfy the needs of users. This production model, should provide a common knowledge well structured and organized, so that it can be used by specialists of enterprises and to meeting the goals defined by these companies. Therefore this research addresses essential aspects of the ontological development as a knowledge base that allows organize and represent knowledge in the areas of process development-production model of the University of Information Science (UCI). For the development of this proposed, the ontologies development methodology Methontology is used, through which the concepts associated with the domain identify and treat their relations, later to design and formalize through the Protégé tool. The ontological proposal developed provides a framework where knowledge concerning the areas of process development-production model UCI are structured and organized, allowing a better representation thereof. All these elements bring a better use of the data, serving as support for the recovery of knowledge, and allowing them to be reusable in other companies wishing to certify their production model at level two or three of maturity Maturity Model Capacity integrated (CMMI).

Keywords: Process Areas, Ontology, CMMI, Model development-production.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Introducción	1
Capítulo 1: Fundamentos teóricos	5
1.1 Calidad	5
1.1.1 Calidad de software	5
1.2 Modelo de Madurez de Capacidad Integrada (CMMI)	6
1.2.1 Nivel dos de madurez: Administrado	6
1.2.2 Nivel tres de madurez: Definido	6
1.3 Sistemas de organización de conocimiento	7
1.3.1 Tipos de SOCs.....	8
1.4 Bases de Conocimiento. Ontologías.....	11
1.4.1 Componentes de las ontologías	12
1.4.2 Tipos de Ontologías	13
1.4.3 Uso y utilidad de las Ontologías	14
1.5 Lenguajes y metodologías a utilizar para el desarrollo de Ontologías.....	15
1.5.1 Lenguajes utilizados para la definición de Ontologías	15
1.5.2 Metodologías para la creación de Ontologías	17
1.6 Herramientas utilizadas en el desarrollo de Ontologías	19
1.6.1 Herramientas para el diseño de Ontologías	19
1.6.2 Razonadores de ontologías	20
1.6.3 Sistemas de almacenamiento	21
1.7 Herramienta para el modelado de diagramas de clases	21
1.7.1 Rational Rose	22
1.7.2 Visual Paradigm para UML	22
1.8 Herramienta para el trabajo con el modelo persistente	23
1.9 Conclusiones del capítulo	23
Capítulo 2: Diseño e implementación de la propuesta	25
2.1 Desarrollo de la solución	25
2.1.1 Especificación	25
2.1.2 Conceptualización.....	26
2.1.3 Formalización.....	40
2.1.4 Implementación.....	42
2.1.5 Mantenimiento	43
2.2 Conclusiones del capítulo	44
Capítulo 3: Validación de la propuesta ontológica.....	45
3.1 Evaluación de la propuesta ontológica	45
3.1.1 Uso correcto del lenguaje.....	45

ÍNDICE DE CONTENIDOS

3.1.2 Exactitud de la estructura taxonómica.....	46
3.1.3 Adecuación a requerimientos.....	47
3.2 Conclusiones del capítulo.....	52
Conclusiones generales.....	53
Recomendaciones.....	54
Referencias bibliográficas.....	55
Bibliografía.....	58
Anexos.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Taxonomía de conceptos.....	30
Figura 2: Diagrama de relaciones binarias.....	30
Figura 3: Descripción de las clases creadas en Protégé.....	40
Figura 4: Descripción de los object properties en Protégé.....	41
Figura 5: Descripción de los data properties en Protégé.....	41
Figura 6: Descripción de las reglas en Protégé.....	41
Figura 7: Descripción de instancias en Protégé.....	42
Figura 8: Descripción de los axiomas en Protégé.....	42
Figura 9: Validación de la ontología en la página de validación de la W3C.....	46
Figura 10: Uso del razonador en la herramienta Protégé.....	47
Figura 11: Ejemplo de exportar una ontología a formato RDF.....	48
Figura 12: Creación de una nueva Librería en Netbeans.....	49
Figura 13: Acceso y manipulación de una ontología mediante Jena.....	49
Figura 14: Respuesta de la pregunta número 1 de las preguntas de competencia.....	50
Figura 15: Respuesta de la pregunta número 2 de las preguntas de competencia.....	50
Figura 16: Respuesta de la pregunta número 3 de las preguntas de competencia.....	51
Figura 17: Respuesta de la pregunta número 4 de las preguntas de competencia.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificación de alcance.....	25
Tabla 2: Glosario de términos.....	27
Tabla 3: Diccionario de conceptos.....	31
Tabla 4: Descripción de relaciones binarias.....	36
Tabla 5: Descripción de atributos de instancias.....	37
Tabla 6: Descripción de axiomas formales.....	37
Tabla 7: Descripción de reglas.....	38
Tabla 8: Descripción de instancias.....	39

Introducción

Introducción

El siglo XXI se caracteriza por ser la era del conocimiento, debido a que los activos intangibles como es la propiedad intelectual (las marcas, patentes, licencias), han pasado a desempeñar un papel importante en la economía de las empresas. Convirtiéndose así el conocimiento en un elemento fundamental para la competitividad y el desarrollo económico.

El conocimiento se basa en la utilización de datos e información obtenidos de un medio, con los cuales un individuo puede solucionar problemas. En el caso de las empresas que desarrollan software es aún más evidente el gran valor que aportan los activos intangibles, en principio por la misma naturaleza del proceso de producción: la construcción de software es una actividad cognitiva y fuertemente dependiente del conocimiento. La ingeniería de software es una actividad basada en conocimiento, debido a que entre las mejores herramientas para lograr un buen producto de software se encuentra el conocimiento, habilidades y experiencia de las personas involucradas en su construcción.

En Cuba, la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se encuentra a la vanguardia del desarrollo de software y los productos que promueve cumplen con las políticas y estándares necesarios para satisfacer las necesidades de los usuarios. Empleando como guía para el desarrollo de dichos productos un modelo de desarrollo-producción dirigido al proceso productivo de la universidad, el cual es soportado por los catorce centros de desarrollo de software y varios centros que brindan servicios transversales a la producción de la institución.

Al modelo de desarrollo-producción UCI, se le está implantando un proceso de mejora empleando el Modelo de Madurez de Capacidad Integrada (conocido como CMMI, por sus siglas en inglés) como modelo de referencia, posibilitándose lograr la certificación internacional de la totalidad de dicho modelo productivo en el nivel dos de madurez del modelo de referencia, en el mes de Octubre de 2015. Este logro fue alcanzado gracias a la participación conjunta de todos los centros de la universidad, siendo como próxima meta a establecer, cumplir con las exigencias establecidas para certificar la totalidad del modelo de desarrollo-producción UCI en el nivel tres de madurez del modelo de calidad CMMI. Para ello, es necesario la identificación de los procesos de mejora correspondientes a las áreas de proceso del nivel tres de madurez del modelo de calidad CMMI, para luego ser transformados e insertados en el modelo de desarrollo-producción UCI. Es importante resaltar que la definición de dichos procesos de mejora es fruto de las tesis de maestría de varios especialistas para el presente año.

Debido a las características propias de CMMI, los procesos de mejora definidos por los especialistas generan un gran cúmulo de datos, los cuales no se encuentran almacenados ni estructurados

Introducción

semánticamente, de manera tal que brinden un conocimiento común y que puedan ser utilizables en el proceso productivo UCI de manera automatizada en el proceso de desarrollo de software. Además se identifica una estrecha relación entre las áreas de proceso, a partir de la dependencia presente entre las tareas a llevar a cabo en cada una de ellas, por lo que para una mejor comprensión de esta relación es necesario la integración de todas las áreas de proceso en una sola estructura, de manera tal que se puedan identificar y representar de manera general y no aislada. Siendo esto no posible, debido a que cada área de proceso y sus procesos de mejora son especificados individualmente por cada especialista, lo que trae consigo que existan datos dispersos y sin organizar.

Debido a la situación antes expuesta se plantea como **problema de investigación**: ¿Cómo contribuir a la organización y representación del conocimiento de las áreas de proceso del modelo desarrollo-producción UCI basado en el nivel tres de madurez del modelo de calidad CMMI?

Se define como **objeto de estudio**: La organización y representación del conocimiento basado en ontologías y se propone como **objetivo general**: Desarrollar una ontología a emplear como base de conocimiento, que permita organizar y representar el conocimiento de las áreas de proceso del modelo desarrollo-producción UCI basadas en el nivel tres de madurez del modelo de calidad CMMI.

El **campo de acción** se encuentra enmarcado en: Base de conocimiento ontológico, para la organización y representación del conocimiento de las áreas de proceso del modelo desarrollo-producción UCI.

Para dar cumplimiento al objetivo general, se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

1. Elaborar el marco teórico conceptual de la investigación relacionada con las ontologías y las bases de conocimiento para organizar y representar el conocimiento.
2. Definir un modelo de conocimiento para representar el conocimiento ontológico a partir de la información generada en las áreas de proceso del modelo desarrollo-producción de la UCI.
3. Implementar la base de conocimiento ontológico para las áreas de procesos del modelo desarrollo-producción UCI.
4. Validar la base de conocimiento ontológico desarrollada.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se trazaron las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Análisis del estado del arte relacionado con los Sistemas de organización del conocimiento y con el desarrollo de ontologías y bases de conocimiento.

Introducción

2. Caracterización de las herramientas utilizadas en la confección de ontologías para un dominio específico que intervendrán en la propuesta a desarrollar.
3. Obtención de la estructura organizativa de la información para la propuesta ontológica.
4. Elaboración de las preguntas de competencia presente en la propuesta ontológica.
5. Diseño de la ontología.
6. Creación de una fuente de conocimiento común para su uso en el modelo desarrollo-producción UCI.
7. Identificación de los criterios de evaluación de la ontología.
8. Transformación del Modelo Ontológico al Modelo Persistente.
9. Puesta en práctica de los criterios de evaluación definidos.

Para llevar a cabo estas tareas se emplearon los siguientes **métodos teóricos y empíricos**, los cuales se definen a continuación:

Los **métodos teóricos** utilizados para cumplir con las tareas a desarrollar son:

- ✓ **Histórico - Lógico:** Se utilizó para hacer un análisis retrospectivo sobre el desarrollo, utilización y alcance de las ontologías y las bases de conocimiento, además sobre los sistemas de organización del conocimiento.
- ✓ **Análisis - síntesis:** Se aplicó al análisis bibliográfico, definiciones y enfoques de diferentes autores sobre el desarrollo de ontologías y su relación con las bases de conocimiento, además sobre el conocimiento y calidad.
- ✓ **Modelación:** Para la creación de abstracciones que explican la realidad, por ejemplo, todos los modelos y diagramas presentados en las diferentes fases de desarrollo de la ontología.

Los **métodos empíricos** utilizados para obtener información sobre el objeto de estudio fueron:

- ✓ **Entrevistas:** Posibilitó obtener información valiosa sobre las principales deficiencias manifestadas en la organización y representación del conocimiento presente en el modelo productivo de la universidad, para así poder fundamentar la necesidad de desarrollar una ontología para mejorar dicho proceso.
- ✓ **Análisis de Documentos:** Posibilitó realizar el análisis de documentos referentes al tema en cuestión para llevar a cabo la fundamentación y el desarrollo de la investigación.
- ✓ **Encuestas:** Posibilitó obtener información sobre la opinión de varios especialistas de la Dirección de Calidad UCI, con respecto a la propuesta desarrollada.

Introducción

El presente trabajo consta de introducción, tres capítulos, conclusiones generales, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos que complementan la culminación de la investigación.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos. Se realiza un estudio del arte acerca de las Ontologías, las características de las herramientas y los lenguajes existentes para la creación de la misma, así como las tendencias y conceptos relacionados con la norma de calidad CMMI y en específico los niveles dos y tres de dicha norma.

Capítulo 2: Diseño e implementación de la propuesta. Se realiza el diseño e implementación de la ontología a emplear en el modelo desarrollo-producción UCI, a partir de la guía que propone *Methontology*.

Capítulo 3: Validación de la propuesta ontológica. Se valida el diseño de la propuesta, mediante tres criterios de evaluación: uso correcto del lenguaje, exactitud de la estructura taxonómica, adecuación a requerimientos.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

En el presente capítulo se realiza un estudio acerca de los conceptos relacionados con calidad y fundamentalmente con calidad de software. Se realiza un análisis acerca del Modelo de Madurez de Capacidad Integrada (CMMI por sus siglas en inglés), como modelo de referencia para mejorar los procesos de desarrollo, adquisición o mantenimiento de productos de software, haciendo énfasis en sus niveles dos y tres de madurez. Además se analizan los conceptos asociados con los sistemas de organización del conocimiento, con las ontologías y la relación de esta última con las bases de conocimiento, así como la importancia, utilidad y principios de las ontologías. Se detallan las principales metodologías, herramientas, razonadores y lenguajes utilizados para definir ontologías.

1.1 Calidad

El término de calidad es muy utilizado y referenciado en la actualidad para referirse sobre varios temas, todo depende del contexto en el que se trate y esto determinará la magnitud de su importancia. Por tal motivo y con el propósito de establecer una mayor consistencia del tema a abordar, a continuación se ofrece la definición de calidad ofrecida por la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), definida como: *“el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con las necesidades o expectativas establecidas (requisitos), generalmente implícitas u obligatorias.”* [ISO 9000:2005].

En la informática la calidad es utilizada como factor de medición para determinar el grado de satisfacción del cliente hacia un producto determinado. Aspecto a cumplir por todo sistema informático creado con el fin de cumplir con una calidad de software requerida.

1.1.1 Calidad de software

La calidad del software es uno de los aspectos más importantes a seguir y a estudiar por los especialistas e investigadores en la esfera de la computación. Siendo de gran importancia la definición acertada de este concepto.

En la presente investigación, se asume la definición de calidad de software propuesta por los autores: Oscar M. Fernández Carrasco, Delba García León y Alfa Beltrán Benavides, quienes la definen como: *el conjunto de cualidades que caracterizan a un software y que determinan su utilidad y existencia* [Carrasco, León, Benavides, 1995].

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

Para determinar la calidad de software son utilizados varios modelos de referencias, que se ponen en práctica en el proceso de desarrollo de software sirviendo como guías, para obtener un buen producto. Uno de estos modelos es CMMI, el cual es muy utilizado y referenciado por varias empresas de desarrollo de software, por las facilidades que brinda.

1.2 Modelo de Madurez de Capacidad Integrada (CMMI)

CMMI constituye un marco de referencia para desarrollar procesos efectivos, dicho modelo de calidad es una guía para mejorar los procesos de desarrollo, adquisición o mantenimiento de productos o servicios, el mismo proporciona un marco estructurado para evaluar los procesos actuales de la organización, establecer prioridades de mejora, e implementar esas mejoras.

La representación por etapas del modelo CMMI se basa en niveles de madurez. Un nivel de madurez es un escalón que representa la mejora de los procesos de la organización y la organización avanza al siguiente nivel de madurez cuando cumple con las metas específicas y genéricas asociadas a cada conjunto predefinido de áreas de proceso. CMMI define cinco niveles de madurez:

- ✓ Nivel 1-Inicial
- ✓ Nivel 2-Administrado (Administración básica de proyectos)
- ✓ Nivel 3-Definido (Proceso estandarizado)
- ✓ Nivel 4-Administrado cuantitativamente (Proceso administrado cuantitativamente)
- ✓ Nivel 5-Optimizado (Proceso en mejora continua).

En la presente investigación se realiza un estudio acerca de los niveles dos y tres de madurez de la norma de calidad CMMI, debido a que son la base para el desarrollo de la propuesta a realizar.

1.2.1 Nivel dos de madurez: Administrado

En el nivel de madurez dos se garantiza que en los proyectos los procesos se planifican y ejecutan de acuerdo con las políticas establecidas, empleando personal calificado que disponen de recursos adecuados para producir resultados controlados. La disciplina de proceso reflejada por el nivel de madurez dos ayuda a asegurar que las prácticas existentes se mantienen durante períodos bajo presión.

1.2.2 Nivel tres de madurez: Definido

En el nivel de madurez tres los procesos son bien caracterizados y comprendidos y se describen en estándares, procedimientos, herramientas y métodos. El conjunto de procesos estándar de la organización se establecen y mejoran a lo largo del tiempo. Dichos procesos se emplean para establecer la

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

consistencia en toda la organización. Los proyectos establecen sus procesos definidos adaptando el conjunto de procesos estándar de la organización de acuerdo a las guías de adaptación. Un proceso definido establece claramente el propósito, entradas, criterios de entrada, actividades, roles, medidas, etapas de verificación, salidas y criterios de salida.

Debido a la gran información que se genera en los niveles de madurez de CMMI antes mencionados y los conocimientos adquiridos sobre estos niveles, es necesario establecer una manera de organizar y utilizar estos conocimientos, haciendo uso para ello de los Sistemas de organización de conocimientos.

1.3 Sistemas de organización de conocimiento

El conocimiento que es todo el conjunto de cogniciones y habilidades con los cuales los individuos suelen solucionar problemas, comprende tanto la teoría como la práctica, las reglas cotidianas al igual que las instrucciones para la acción, el conocimiento se basa en datos e información, pero a diferencia de estos siempre está ligado a las personas; forma parte integral de los individuos y representa las creencias de éstos acerca de las relaciones causales [Probst, Raub y Romhardt, 2001].

El surgimiento del paradigma sociocognitivo, introduce la necesidad de apostar por las determinaciones sociales y culturales en cualquier propuesta conceptual en el terreno informacional. Esto provocó un interés creciente, alrededor de los años 90, en puntos de vista sociales e interpretativos de la Organización del Conocimiento (OC).

La OC es un campo amplio e interdisciplinar, mucho más extenso que la Biblioteconomía y Documentación [Hjorland, 2004]. No obstante, otros autores se refieren a la OC, como una especialidad dentro de la Bibliotecología y la Ciencia de la Información, como la ciencia de estructurar y organizar sistemáticamente las unidades de conocimiento (conceptos), de acuerdo con sus propios elementos de conocimiento (características) y la aplicación de conceptos y clases de conceptos ordenados por este campo, para la asignación de los contenidos válidos de conocimiento de referentes (objetos / sujetos) de todo tipo [Dalhberg, 2012]. . Esto implica la existencia de un sistema utilizado para recuperar y transmitir el conocimiento. Los Sistemas de Organización de Conocimientos (SOCs) son propuestas para la recuperación de la organización y representación del conocimiento en un área especializada o propósito [López-Huertas, 2008].

Todo SOC se presenta a la vez como estructura y como representación. En cuanto estructura, constituye un entramado de conceptos, representados por sus respectivos términos, que establecen determinado

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

sistema de relaciones internas, en función de la proximidad o lejanía (es decir, 'distancia') conceptual recíproca y la afiliación de cada término a una familia o red de términos que le son más afines. Por esto se dice que todo SOC es una estructura conceptual, incluso en aquellos casos en que esa estructura no se visibiliza detrás del orden alfabético, como en las listas de encabezamientos o de descriptores.

En cuanto a la representación, esta constituye una réplica condensada del conocimiento acumulado en los documentos, visto desde una determinada concepción filosófica. La representación léxica que va a constituir el conjunto terminológico del sistema, se extrae de los documentos en base a la relevancia. Se extraen del discurso sólo los términos que representan los conceptos relevantes de su contenido, que después serán sometidos a un proceso de normalización.

Según Barité los rasgos esenciales de un SOC son [Barité, 2014]:

- ✓ Su referencia al conocimiento especializado, la que se establece de diversas maneras (apelación a clasificaciones científicas, garantía literaria, opinión de expertos, entre otros).
- ✓ Su estructura lógica, que se construye de acuerdo a un método y a una teoría de organización del conocimiento.
- ✓ El control de vocabulario, que contribuye a la selección, depuración, formalización y normalización de la terminología que incluye, así como al establecimiento de relaciones recíprocas entre los términos, considerando criterios semánticos, lingüísticos y disciplinarios.

Conforme a su cobertura temática, los SOC's pueden ser universales, multidisciplinarios o especializados.

1.3.1 Tipos de SOC's

Barité, considera a los siguientes tipos específicos de SOC's, con exclusión de los diccionarios y los glosarios, por considerar que no cumplen estrictamente con los objetivos propios de esta clase de herramientas:

- ✓ Sistemas de clasificación: Sistemas utilizados para la clasificación en los estantes y la clasificación temática de bibliografías. Utilizan notaciones como símbolos de notación para representar el contenido temático de los documentos, las que pueden constituirse con letras, números, signos gráficos o una combinación de ellos. Habitualmente constan de tablas principales y tablas auxiliares. Los sistemas de clasificación son utilizados ampliamente en las bibliotecas y centros de documentación de todas partes del mundo [Sánchez-Jiménez & Gil-Urdiciain, 2007].
- ✓ Listas de encabezamientos de materias o de epígrafes: Las listas están destinadas a la indización y en ese punto se asemejan a los tesauros, las listas de descriptores, las listas de autoridades y

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

las listas de palabras-clave. Sus características peculiares son la ordenación alfabética de sus encabezamientos. La invisibilidad de su estructura sistemática (si es que cuenta con ella), la pre coordinación de encabezamientos y subencabezamientos y su control terminológico relativo, que se reduce habitualmente al control de sinonimia, polisemia y algunas relaciones de jerarquía y de asociación, no siempre bien delimitadas. Por otra parte, suelen ser lenguajes monolingües, aunque en algunos casos agregan un índice de equivalencias en inglés o en otros idiomas reconocidos internacionalmente en la literatura [Urdiacaín, 1998; Vizcaya Alonso, 1997].

- ✓ Tesoros: Son sistemas totalmente estructurados, que se integran con términos que guardan entre sí relaciones semánticas y funcionales, que tienen por objeto proporcionar un instrumento idóneo para el almacenamiento y la recuperación de la información en áreas especializadas. Dos elementos esenciales de los tesauros están constituidos por la normalización de los términos de indización que recoge (denominados descriptores y no descriptores según sean autorizados o no para representar el contenido de documentos) y el control de vocabulario que se establece entre esos términos). Pueden ser monolingües, monolingües con equivalencias o plurilingües, conforme a la cobertura idiomática que proponga. Los tesauros constituyen la herramienta más refinada de representación del conocimiento que se ha creado hasta el presente [Currás, 1991; Leiva, 2009; Naumis, 2007].
- ✓ Taxonomías: Desde una perspectiva tradicional la taxonomía es la *“ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales”* [REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2001]. Pero también se denomina taxonomía al producto de esas clasificaciones: la estructura conceptual misma, que permite organizar en forma sistemática, por ejemplo, las especies del reino vegetal, como resulta de la tradicional clasificación de Linneo. Las estructuras taxonómicas de la ciencia se presentan bajo forma de árbol, debido a que privilegian las relaciones jerárquicas entre seres u objetos y por su vocación de internacionalidad, contribuyen a la formación de terminologías cerradas, unívocas, distintivas y mono referencial. En todos los casos, como apunta Centelles (2005), los taxones están conectados mediante algún Modelo estructural (jerárquico, arbóreo, facetado) y especialmente orientado a los sistemas de navegación, organización y búsqueda de los contenidos de los sitios web [Centelles, 2005].
- ✓ Ontologías: Una Ontología es una herramienta conceptual que define un vocabulario común para quien necesita compartir información dentro de un determinado dominio. Esto incluye definiciones

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

de los conceptos básicos del dominio, así como sus relaciones, que tienen que ser interpretables por máquinas [García, 2005].

- ✓ Folksonomías: También llamadas clasificaciones sociales, proporcionan una forma de indización de recursos disponibles en Internet, mediante la asignación de etiquetas generadas en forma asociativa por los mismos usuarios, para categorizar contenidos tales como recursos digitales de información, fotografías en línea o enlaces [Noruzi, 2006]. Las folksonomías dan forma a estrategias de recuperación de información en Internet mediante el lenguaje natural proporcionado por los mismos usuarios. Los sitios y sistemas de información web así organizados tienden a ser muy populares (por ejemplo, YouTube, www.youtube.com) y sólo recientemente se ha comenzado a estudiar la calidad de la indización y la recuperación de información a partir de folksonomías [Catarino & Baptista, 2006; Peterson, 2007].
- ✓ Mapas conceptuales: Constituyen una modalidad de representación del conocimiento a través de gráficas y diagramas, en la cual se establece la situación relativa de un conjunto de conceptos y sus relaciones, con el objetivo de facilitar la enseñanza y el aprendizaje de un tópico, de obtener una formulación visual de un núcleo de conocimiento, e incluso, “para generar ideas (tormenta de ideas)” y “diseñar estructuras complejas (textos largos, hypermedia, sitios web)” [Moreiro, 2004].
- ✓ Mapas de tópicos o 'Topic maps': Son gráficas que tienen por finalidad representar un conjunto de datos fuertemente relacionados entre sí y que pueden hacer referencia a conceptos o núcleos de conocimiento. Utiliza tres elementos para ese fin: tópicos (cada uno de ellos representando conceptos, nombres de personas o instituciones, países o lugares geográficos); asociaciones (o relaciones entre tópicos) y ocurrencias (recursos de información relevantes para el tópico) [Moreiro, Sánchez-Cuadrado, Palacios, & Barra, 2012].

Propiciar una estructura que promueva un entendimiento común y compartido en un campo, que pueden comunicarse entre las personas y los sistemas de aplicación es el principal objetivo de la presente investigación, siendo de las herramientas estudiadas anteriormente las Ontologías las que cumplen con este objetivo. Las Ontologías parten de la representación contextual del mundo y se utilizan para estructurar conceptualmente áreas del conocimiento a través de un vocabulario. Además permiten introducir un mayor nivel de profundización semántica, la descripción lógica y semántica puede ser interpretada por los usuarios y las computadoras, permiten la interoperabilidad entre sistemas distintos y conjuntamente hacen uso de otras herramientas estudiadas como son las Taxonomías, las cuales representan la manera en que se organizan las clases y subclases dentro de una Ontología. A partir de los

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

aspectos antes mencionados se optó por desarrollar una Ontología como propuesta de solución de la presente investigación.

1.4 Bases de Conocimiento. Ontologías

Toda ontología representa cierta visión del mundo con respecto a un dominio. Se pueden definir tantas ontologías como sea posible, de hecho un mismo dominio puede ser interpretado de diversas maneras, lo cual depende de la visión y de los tipos de conceptos que se manejan a la hora de representarlos.

Aunque existen diversas definiciones del concepto de ontología, una de las más ampliamente aceptadas es: *“Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización”* [Gruber, 1993].

Sobre esta línea de pensamiento está el concepto de Breuker *“Una ontología es una representación explícita de una conceptualización cognitiva, es decir, la descripción de los componentes de conocimiento relevantes en el ámbito de la modelación”* [Breuker, 1999].

Otros autores también se han referido a las ontologías como *“una especificación formal de una conceptualización compartida”* [Borst, 1997]. *“Una ontología es una base de datos que describe los conceptos generales o sobre un dominio, algunas de sus propiedades y cómo los conceptos se relacionan unos con otros”* [Weingand, 1997].

Autores como Codina y Pedraza- Jiménez (2007), consideran que *“las Ontologías son una de las tecnologías más prometedoras para el futuro de los sistemas de información”* [Pedraza-Jiménez, Codina, & Rovira, 2007], pero a diferencia de los tesauros (como Modelo de éxito en el campo de la semántica documental) en el caso de las Ontologías, utilizadas en los sistemas de la recuperación de la información aún se detectan imprecisiones e insuficiencias probablemente causadas por una falta de consenso en la literatura especializada sobre cómo elaborar una Ontología y los componentes que la integran. No obstante cabe resaltar que no ocurre así en el caso de la web semántica en la que han logrado asentar el sentido canónico del término.

Según la Red Informática Mundial (W3C), *“una Ontología define los términos a utilizar para describir y representar un área del conocimiento. Las Ontologías son utilizadas por las personas, por las bases de datos, y por las aplicaciones que necesitan compartir un dominio de información, (un dominio es simplemente un área de temática específica o un área de conocimiento, tales como medicina, fabricación de herramientas, reparación automovilística, gestión financiera, etc.). [...] Codifican el conocimiento de un*

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

dominio y también el conocimiento que extiende los dominios. En este sentido, hacen el conocimiento reutilizable” [W3C, 2004].

Partiendo de esta posición, el concepto de ontología se hace más acabado y es a partir del cual se va a guiar la presente investigación para el desarrollo de la propuesta ontológica, teniendo en cuenta además, otras ideas con respecto a la representación del conocimiento, partiendo de la relación entre ontología y bases de conocimiento.

Una base de conocimiento (BC) consiste en esquemas y estructuras de representación y organización de los conocimientos suficientemente amplios de una determinada área, a fin de resolver problemas [Torres, 2007].

Siguiendo este enfoque hay otro grupo de definiciones basadas en el proceso a seguir para la construcción de una ontología, por ejemplo la definición dada por Bernaras y sus colegas: *Ella [una ontología] proporciona los medios para describir explícitamente la conceptualización detrás del conocimiento representado en una base de conocimiento. [Bernaras, Laresgoiti, Corera, 1996]. Una ontología es un conjunto estructurado jerárquicamente de términos para describir un dominio que se puede utilizar como una base del esqueleto de una base de conocimientos [Swartout, Ramesh, Knight, Russ, 1997].*

A partir de estas definiciones la presente investigación propone como propuesta de solución, desarrollar una ontología que pueda ser empleada como una base de conocimiento en el proceso productivo UCI, donde se pueda organizar y representar el conocimiento del modelo de desarrollo-producción de la Universidad, además que permita su reutilización en la creación de otras ontologías.

Las ontologías, como todo sistema de representación presentan diferentes componentes, a través de los cuales se ponen en práctica sus funcionalidades.

1.4.1 Componentes de las ontologías

Varios han sido los matices con respecto a los elementos que componen una ontología. La presente investigación va a seguir los aspectos definidos por Gruber [Gruber, 1995]:

- ✓ **Conceptos:** son las ideas básicas que se intentan formalizar. Pueden ser clases de objetos, métodos, planes, estrategias, procesos de razonamiento, etc. Las clases en una ontología se suelen organizar en taxonomías a las que se les pueden aplicar los mecanismos de herencia.
- ✓ **Relaciones:** Representan las interacción y enlace entre los conceptos de un dominio. Suelen formar la taxonomía del dominio.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

- ✓ **Funciones:** Se refiere a casos especiales de relaciones donde se identifican elementos mediante el cálculo de una función, mayormente utilizadas como restricciones de las propiedades, o para el cálculo de los valores de las propiedades.
- ✓ **Instancias:** Se utilizan para representar objetos determinados de un concepto.
- ✓ **Reglas de restricción o axiomas:** Son teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología.

Una vez determinados los componentes ontológicos a emplear en la presente investigación, es necesario identificar el tipo de ontología a desarrollar.

1.4.2 Tipos de Ontologías

Los autores que se refieren al tema de las ontologías y su clasificación no establecen una única tipología. Los parámetros para agruparlas varían de un autor a otro aunque en algunos casos coinciden.

Uno de los parámetros para clasificar las ontologías se refiere al problema que solucionan. Es aportado por Mizoguchi, Vanwelkenhuysen e Ikeda quienes agrupan bajo este enfoque a las ontologías, [Mizoguchi, Vanwelkenhuysen, Ikeda, 1995]:

- ✓ De contenido: Permiten reutilizar el conocimiento de un dominio en otros sistemas y aplicaciones.
- ✓ De indización: Utilizadas en la recuperación de información.
- ✓ De comunicación: Facilitan el proceso de comunicación a través de repuestas a preguntas concretas.
- ✓ Meta-Ontologías: Usadas para representar las ontologías de dominios similares o diferentes.

Según Van Heijst las ontologías también pueden clasificarse de acuerdo a la cantidad y tipo de estructura de la conceptualización en, [Van Heijst, Schreiber, Wielinga, 1997]:

- ✓ Ontologías terminológicas, lingüísticas: Especifican los términos usados para representar conocimiento en el dominio.
- ✓ Ontologías de información: Especifican la estructura de los registros de la base de datos. Los esquemas de bases de datos serían un ejemplo.
- ✓ Ontologías para modelar conocimiento: Especifican conceptualizaciones de conocimiento. Estas ontologías tienen una estructura interna mucho más rica que los anteriores tipos de ontologías, y éstas son las ontologías que interesan a los desarrolladores de sistemas basados en conocimiento.

De acuerdo al tema de la conceptualización, se pueden clasificar las ontologías en los siguientes grupos:

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

- ✓ Ontologías de representación del conocimiento: Van Heijst y otros, reflejan los primitivos de representación utilizados para formalizar el conocimiento en un paradigma de representación del conocimiento dado [Van Heijst, Schreiber, Wielinga, 1997].
- ✓ Las ontologías generales u ontologías comunes: se utilizan para representar conocimiento del sentido común reutilizable en los distintos dominios [Van Heijst, Schreiber, Wielinga, 1997; Mizoguchi, Vanwelkenhuysen, Ikeda, 1995].
- ✓ Las ontologías de alto nivel o de muy alto nivel: describen conceptos muy generales y ofrecen nociones generales a las que hay que unir todos los términos raíz de las ontologías existentes [Van Heijst, Schreiber, Wielinga, 1997; Mizoguchi, Vanwelkenhuysen, Ikeda, 1995].
- ✓ Las ontologías de dominio son reutilizables en un dominio específico (médico, farmacéutico, ingeniería, derecho, etc.) [Van Heijst, Schreiber, Wielinga, 1997; Mizoguchi, Vanwelkenhuysen, Ikeda, 1995].
- ✓ Las ontologías de tareas: describen el vocabulario relacionado con una determinada tarea o actividad (como el diagnóstico, la organización etc.) mediante la especialización de términos en las ontologías de alto nivel. [Mizoguchi, Vanwelkenhuysen, Ikeda, 1995; Guarino, 1998]
- ✓ Las ontologías de aplicación: son dependientes de su aplicación. Contienen todas las definiciones necesarias para modelar el conocimiento requerido para aplicación particular [Van Heijst, Schreiber, Wielinga, 1997].

Uno de los objetivos de la presente investigación es la estandarización de un vocabulario que permita compartir conocimiento, por tal motivo se propone desarrollar una ontología de dominio para describir un vocabulario relacionado a un dominio genérico (como medicina o automóviles) y pueda ser reutilizada.

Las soluciones que brindan las ontologías son amplias, pero se debe tener en cuenta que estas no son las indicadas para todos los problemas. Existen situaciones en las que la construcción de una ontología para una tarea específica, es más difícil o más costosa que la solución de la tarea sin la ontología.

1.4.3 Uso y utilidad de las Ontologías

Abad (2004) considera que las Ontologías tienen dos usos esenciales:

- ✓ Como vocabulario de representación están generalmente especializadas en algún dominio. No es el vocabulario lo que califica a una Ontología, sino las conceptualizaciones capturadas por los términos.
- ✓ Como teoría de contenidos, dado que uno de los intereses principales en Ontologías es la relación entre teoría de contenidos y de mecanismos en Inteligencia Artificial (IA).

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

Las Ontologías son esencialmente teorías de contenidos porque su contribución principal es identificar clases específicas de objetos y relaciones de un dominio

Se mencionan a continuación la utilidad que, en la actualidad, tienen las ontologías:

- ✓ Sirven para entender cómo diferentes sistemas comparten información.
- ✓ Se utilizan para descubrir distorsiones que puedan presentarse en los procesos cognitivos de aprendizaje en un mismo contexto.
- ✓ Sirven para formar patrones para el desarrollo de Sistemas de Información. En el ámbito del software se viene utilizando hace algunos años para describir las propiedades del software (componentes, arquitecturas, lenguajes de definición).
- ✓ Permiten compartir y reutilizar conocimiento común.
- ✓ Ayudan a establecer comunicación entre personas y organizaciones con el fin de unificar diferentes áreas de investigación.
- ✓ Permiten la interoperabilidad entre sistemas de software usando ontologías como un lenguaje intermedio para unificar diferentes lenguajes y herramientas.
- ✓ Aumentan los beneficios de la Ingeniería de Sistemas ya que el uso de ontologías facilita la construcción de software clásico o basado en el conocimiento porque permite que los sistemas se puedan reutilizar.

Como es evidente, alrededor de las ontologías ha surgido toda una plataforma teórica que facilita su posterior aplicación, desde los conceptos menos elaborados hasta la identificación de componentes de una ontología, elementos de obligada utilización en su diseño, así como su uso y utilidad en la web. Siendo necesario establecer el lenguaje y la metodología a emplear para el desarrollo de la propuesta ontológica de la presente investigación.

1.5 Lenguajes y metodologías a utilizar para el desarrollo de Ontologías

En este epígrafe se realiza un análisis acerca de los diversos lenguajes y metodologías utilizadas en el proceso de confección de ontologías, permitiendo determinar el lenguaje y la metodología a emplear en la investigación para el desarrollo de la propuesta ontológica.

1.5.1 Lenguajes utilizados para la definición de Ontologías

En la actualidad existen un considerable número de lenguajes de definición de ontologías, los más representativos son los siguientes:

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

- ✓ KIF (*Knowledge Interchange Format*): Lenguaje desarrollado para manejar el lenguaje de representación del conocimiento heterogéneamente. Tiene una semántica declarativa y está basado en el cálculo de predicados de primer orden .
- ✓ OCML (*Operational Conceptual Modeling Language*): Lenguaje basado en marcos, proporciona mecanismos para expresar términos a través de reglas, funciones, relaciones, clases e instancias.
- ✓ FLogic (*Frame Logic*): Lenguaje lógico basado en el objeto orientado a paradigmas y marcos.
- ✓ LOOM: Lenguaje basado en la lógica descriptiva y reglas de producción.
- ✓ XML (*eXtended Markup Language*): Lenguaje diseñado por el W3C, es un lenguaje de etiqueta. Permite una sintaxis definida por el usuario, los usuarios pueden definir sus etiquetas y estructuras de datos.
- ✓ RDF (*Resource Description Framework*): Lenguaje diseñado por la W3C para construir metadatos de descripción de recursos web. Su principal objetivo es definir mecanismos para describir recursos que hacen declaraciones en un dominio privado.
- ✓ RDF *Schema*: Lenguaje declarativo que proporciona mecanismos para definir relaciones entre propiedades y recursos.
- ✓ XOL (*XML-Based Ontology exchange Language*): Lenguaje diseñado para proporcionar un formato para intercambiar definiciones de una ontología en un ambiente de partes involucradas.
- ✓ OIL (*Ontology Interchange Language*): Lenguaje que propone describir e intercambiar ontologías. Ha sido diseñado para proveer primitivas usadas en ontologías basadas en marcos y lógica descriptiva.
- ✓ DAML+OIL: Lenguaje de etiquetas que provee semántica para documentos web. Fue construido sobre RDF *scheme* y provee una estructura de información basada en marcos.
- ✓ OWL (*Ontology Web Language*): Toma las ventajas de RDF y ha sido adaptada como el lenguaje estándar para ontologías en la web semántica por la W3C. Permite describir clases, propiedades y relaciones. Hay tres variantes de OW:
 1. *OWL lite*: Lenguaje usado para representaciones simples con restricciones simples.
 2. *OWL DL (Description Logic)*: Lenguaje con lógica descripción permite más expresividad que *OWL Lite*.
 3. *OWL Full*: Lenguaje con mayor expresividad que *OWL Lite* y *OWL DL*, permite el uso de la sintaxis RDF.

En la presente investigación se emplea OWL en su versión 2 como lenguaje para desarrollar la propuesta ontológica, debido a su gran uso en la construcción de ontologías a partir de ser un lenguaje estándar en

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

la web semántica, está basado en la lógica descriptiva lo que permite el uso de un conjunto de operadores (intersección, unión, y negación) que facilitan la descripción de las clases y sus relaciones. Luego de diseñada la propuesta ontológica, esta se va a transformar al lenguaje RDF, lo que va a permitir que pueda ser manipulada y se le pueda dar respuesta a las preguntas de competencia.

Luego de determinar el lenguaje a emplear, se hace necesario identificar una metodología que sirva de guía para el desarrollo de la propuesta ontológica.

1.5.2 Metodologías para la creación de Ontologías

Además de los tipos y los conceptos también están presentes en la literatura algunas metodologías y herramientas para el desarrollo de ontologías. Entre las metodologías empleadas en la construcción de ontologías se destacan las siguientes:

✓ Metodología *Cyc*:

La metodología *Cyc* nace como un proyecto de IA que busca la construcción de una Ontología comprensible para habilitar el razonamiento humano.

Esta metodología recomienda los siguientes pasos:

1. Extracción manual del conocimiento común, codificando de forma manual el conocimiento implícito y explícito de diferentes fuentes.
2. Codificación del conocimiento utilizando herramientas de software.
3. Utilización de herramientas de procesamiento de lenguaje natural o aprendizaje natural para la adquisición de nuevo conocimiento en la Ontología, delegando la mayor parte de la codificación en estas herramientas.

✓ Metodología de *Grüninger y Fox*:

Esta es una metodología formal que se aprovecha de la robustez de la lógica clásica y que puede ser usada como guía para transformar escenarios informales en modelos computables.

Esta metodología, recomienda los siguientes pasos:

1. Escenarios motivantes.
2. Cuestiones informales de competencia.
3. Terminología formal.
4. Cuestiones formales de competencia.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

5. Axiomas formales.
6. Teoremas de completitud.

✓ Metodología de *Uschold y King*:

Esta metodología permite la creación de Ontologías en base a otras ya existentes.

Esta metodología recomienda los siguientes pasos:

1. Identificación del propósito para el cual se construye la Ontología.
2. Capturar los conceptos y las relaciones entre ellos.
3. Codificación de la Ontología.
4. Integrar ontologías existentes.
5. Evaluación.
6. Documentación de la Ontología.

✓ Metodología *Methontology*:

Methontology es una metodología desarrollada en la Universidad Politécnica de Madrid cuyo objetivo principal es construir ontologías, tanto partiendo desde cero como reusando otras ontologías, o a través de un proceso de reingeniería. Este entorno propone un ciclo de vida de construcción de la Ontología basado en prototipos evolutivos, permitiéndole agregar, cambiar y renovar términos en cada nueva versión (prototipo). Para cada prototipo en el estándar IEEE (Insitute of Electrical and Electronics Engineers) 1074 de desarrollo de software se definen los siguientes pasos esenciales:

1. *Especificación*: Consiste en delimitar los objetivos de su creación, decidir el dominio de actuación de la Ontología. Además se define la granularidad de la misma.
2. *Conceptualización*: Permite organizar y estructurar el conocimiento adquirido mediante tablas, lenguaje UML o jerarquías, además permite crear un glosario de términos que pertenecen al dominio, definirlos y crear una taxonomía.
3. *Formalización*: Proceso que consiste en convertir el modelo anterior en un modelo formal o semi computable. Se puede emplear en este paso una herramienta como *Protégé*.
4. *Implementación*: Representa la formalización de la ontología, es decir pasar la conceptualización de la ontología a un lenguaje como RDF, OWL u otros.
5. *Evaluación*: Comprobar el funcionamiento de la ontología.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

6. *Mantenimiento*: Labor que puede acarrear desde el borrado de instancias ya inútiles o la incorporación de nuevas instancias que se han ido produciendo con el tiempo, hasta las tareas de introducción de cambios en el contenido de la información, ya sea redefiniendo atributos, relaciones o incluso conceptos.

En la presente investigación se hará uso de la metodología *Methontology*, debido a que ha sido recomendada por varios autores por sus grandes usos, para la construcción de ontologías que son desarrolladas desde cero. Además propone un ciclo de vida a través de actividades ordenadas y se basa en el refinamiento de prototipos evolutivos, posibilitando la obtención de ontologías con un alto grado de satisfacción. El ciclo de vida de prototipo evolutivo permite que la ontología pueda volver desde cualquier estado, por lo que si alguna definición es olvidada o se encuentra errónea, esta se puede arreglar. Por lo tanto, este ciclo de vida permite la inclusión, supresión o modificación de definiciones, en cualquier momento en el que se encuentre el proceso de desarrollo de la ontología. La adquisición de conocimiento, la documentación y la evaluación son actividades de apoyo que se llevan durante la mayor parte de estos estados.

El grado de satisfacción de una ontología depende en gran medida del diseño de la misma, haciendo uso para ello de una herramienta que facilite este objetivo.

1.6 Herramientas utilizadas en el desarrollo de Ontologías

En este epígrafe se realiza un estudio del arte acerca de las principales herramientas utilizadas en el desarrollo de ontologías, haciendo énfasis en las herramientas de diseño, además en los razonadores que pueden ser utilizados en dichas herramientas y en los sistemas de almacenamiento.

1.6.1 Herramientas para el diseño de Ontologías

En la actualidad existen varias herramientas que facilitan el diseño de ontologías, entre las que se encuentran:

- ✓ *Protégé*: Desarrollada por el grupo SMI (*Stanford Medical Informatics*) de la Universidad de Stanford. Es una herramienta de código abierto con arquitectura extensible. Tiene un editor y una librería de *plugins* que adicionan más funcionalidades al entorno.
- ✓ *WebODE*: Desarrollada en la Universidad de Madrid. Tiene un servidor web con una interfaz web. Funciona por medio de los servicios y aplicaciones conectados al servidor.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

- ✓ *WebOnto*: Desarrollado por el *Knowledge Media Institute (KMI)* de la *Open University* (Reino Unido). Es un editor de ontologías en lenguaje OCML. Su principal ventaja es que soporta la edición de ontologías colaborativamente por medio de la discusión sincrónica y asincrónica sobre el desarrollo.
- ✓ *OntoEdit*: Es un entorno flexible basado en una arquitectura extensible que proporciona un editor para importar ontologías de diferentes formatos (FLogic, XML, RDF, RDFS, and DAML+OIL).

Para el diseño de la propuesta ontológica de la presente investigación se hará uso de la herramienta *Protégé* en su versión 5.0 por su empleo en la construcción de ontologías de dominio, permite exportar e importar ontologías en formato OWL, posibilitando el empleo de la lógica descriptiva para realizar clasificaciones automáticas. Además es compatible con varios razonadores de ontologías que facilitan la realización de inferencias, lo que hace posible la generación de nuevos conocimientos y sirva de apoyo en la toma de decisiones.

1.6.2 Razonadores de ontologías

Entre los principales razonadores que se emplean para realizar inferencias en las ontologías se encuentran:

- ✓ *FaCT++ (Fast Classification of Terminologies)*: Desarrollada en la Universidad de Manchester por Ian Horrock, es la nueva generación del razonador FaCT de OWL DL. Soporta OWL DL, es implementada en C++ y basada en algoritmos *tableaux* optimizados.
- ✓ *JTP (Java Theorem Prover)*: Es una arquitectura para razonar sobre conocimiento descrito en DAML + OIL. Escrito en *Java*, soporta el modelo de axiomas de DAML + OIL, realiza una pre computación cuando se carga la Ontología y ha añadido un clasificador para realizar la jerarquía de conceptos de la Ontología. Por el momento, es el único razonador que permite el lenguaje de consulta DQL (Descriptive Query Language) específico para DAML + OIL.
- ✓ *HermiT*: Fue desarrollado en la Universidad de Oxford, puede determinar si una ontología dada es consistente o no e identifica relaciones de subsunción entre conceptos. Está basada en el cálculo de “*hypertableau*”.
- ✓ *Pellet*: Fue el primer razonador que soportaba todo de OWL-DL. Mediante su uso es posible validar, comprobar la consistencia de Ontologías, clasificar la taxonomía y contestar a un subconjunto de consultas RDQL (*Resource Description Query Language*, conocido como consultas a *ABox* en terminología del DL). Se trata de un razonador DL basado en los algoritmos *tableaux* desarrollados para DL expresiva.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

Unas de las principales ventajas que tienen los razonadores es que facilitan la toma de decisiones, a partir de la inferencia realizada a los conceptos que en ella se encuentran, por tal motivo se escogió *Pellet* en su versión 1.3 como razonador a utilizar, en la herramienta de diseño seleccionada anteriormente y por su compatibilidad con OWL. Además que permite determinar la estabilidad de las ontologías, cuando es usado junto a un sistema de almacenamiento .

1.6.3 Sistemas de almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento posibilitan mantener las Ontologías en bases de datos e ir añadiendo nueva información, y con la ayuda de razonadores probar la consistencia de la Ontología.

Las herramientas que más se destacan en este aspecto son:

- ✓ *Jena*: Es un marco de trabajo, de código abierto programado en Java. Su fin es manipular metadatos desde aplicaciones escritas en Java. Proporciona una API (Application Programming Interface) para extraer y escribir datos de un grafo RDF. Los modelos pueden ser consultados mediante SPARQL. Se puede utilizar OWL con Jena. Proporciona varios razonadores internos y se pueden añadir otros mediante una interfaz para Descripción Lógica (DIG).
- ✓ *Sesame*: Es un repositorio para *RDF-Schema* que permite añadir y eliminar información, para ser almacenada en cualquier tipo de base de datos (MySQL, Oracle, entre otros). Soporta los lenguajes de consulta RQL (*Resource Query Language*), RDQL y SeRQL (*Serial Resource Query Language*), para acceder al conocimiento.
- ✓ *KAON Tool*: Implementa una interfaz independiente del sistema en el que se almacenarán las Ontologías, ya sean cualquier base de datos o un fichero texto. Implementa una API para leer las descripciones de los recursos, emplea RQL para realizar consultas y soporta tanto Ontologías DAML + OIL como RDF.

El sistema de almacenamiento a utilizar en la presente investigación para la propuesta ontológica es *Jena* en su versión 2.13.0, debido a que permite el tratamiento de archivos RDF y/o OWL, además cuenta con un motor de inferencia basado en reglas y permite realizar consultas a los modelos. Siendo como principal elemento para ello, el modelado de la ontología y una acertada identificación de la herramienta a utilizar para el modelaje.

1.7 Herramienta para el modelado de diagramas de clases

En este epígrafe se realiza un análisis acerca de las principales herramientas utilizadas para el modelado de diagramas de clases en el proceso de desarrollo de ontologías, posibilitando seleccionar una de ellas para ser empleada en la presente investigación.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

1.7.1 Rational Rose

Es una herramienta basada en UML (*Unified Modeling Language*, por sus siglas en inglés), que permite crear los diagramas que se van generando durante el proceso de ingeniería en el desarrollo del software. Las personas que desarrollaron el Proceso Unificado del *Rational* (RUP) son miembros de *Rational Corporation* por lo tanto, *Rational* brinda muchas facilidades en la generación de la documentación del software que se esté desarrollando. Además de que posee un gran número de estereotipos predefinidos que facilitan el proceso de modelación del software, siendo el producto más completo de la familia *Rational Rose*.

En la definición de sistemas, esta herramienta permite que el equipo de desarrollo entienda mejor el problema, que identifique las necesidades del cliente en forma más efectiva y comunique la solución propuesta de forma más clara.

1.7.2 Visual Paradigm para UML

Es una herramienta UML profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. Posibilita el modelado de base de datos, requerimientos, proceso de negocio, permite realizar todo tipo de diagramas de clases, código inverso, generar códigos desde diagramas y generar documentación, entre otras funcionalidades.

Sus principales ventajas son:

- ✓ Software libre.
- ✓ Disponibilidad en múltiples plataformas (*Windows, Linux*).
- ✓ Uso de un lenguaje estándar común a todo el equipo de desarrollo que facilita la comunicación.
- ✓ Generación de código para Java y exportación como HTML.
- ✓ Diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio que genera un software de mayor calidad.
- ✓ Capacidades de ingeniería directa e inversa.
- ✓ Disponibilidad de múltiples versiones, para cada necesidad
- ✓ Licencia: gratuita y comercial
- ✓ Fácil de instalar y actualizar.

Para el desarrollo de la solución propuesta se ha seleccionado *Visual Paradigm* en su versión 8.0, para el modelado de diagramas de las clases, por las características anteriormente expuestas, además por la posibilidad de trabajar en la plataforma GNU/Linux. No presenta ningún problema con su licencia para la elaboración de software comercial, el cual es un aspecto de suma importancia ya que se desea un software desarrollado completamente con herramientas libres.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

1.8 Herramienta para el trabajo con el modelo persistente

Para la exportación de la ontología a un modelo persistente se hace uso de un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés), el cual es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica. Ejemplo de ellos son:

- ✓ *NetBeans*: es una herramienta para programadores pensada para escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Está escrito en Java y soporta el desarrollo de todos los tipos de aplicación Java (Java 2 Standard Edition o J2SE, web, Enterprise JavaBeans o EJB y aplicaciones móviles). *NetBeans Beta* proporciona herramientas para la programación en el lenguaje Java e incluye resaltado de sintaxis, auto-completado de código y plantillas.
- ✓ Eclipse: es una plataforma universal para integrar herramientas de desarrollo, con una arquitectura abierta y basada en *plugins*. Además, Eclipse da soporte a todo tipo de proyectos que abarcan desde el ciclo de vida del desarrollo de aplicaciones, incluyendo soporte para modelado.

Para el trabajo con el modelo persistente se utilizará el IDE *NetBeans* en su versión 8.0.2, por ser multiplataforma, multilenguaje y de código abierto. Dicho IDE permite realizar consultas y validar que la propuesta ontológica a desarrollar funcione correctamente, de manera fiable y segura. Además permite la integración con *Jena* para extraer de la base de datos la información de la ontología.

1.9 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se abordaron los principales elementos teóricos relacionados con la investigación, haciendo énfasis en los principales conceptos asociados, entre los que se puede mencionar: el modelo de calidad CMMI, enfocado en los niveles dos y tres de madurez de dicho modelo y de los sistemas de organización del conocimiento. Se realizó un estudio del estado del arte en el tema de las ontologías y su relación para seleccionar las herramientas, lenguajes, metodologías y tecnologías a utilizar para la creación y representación de Ontologías. Además se analizó la relación entre las Ontologías y las Bases de conocimiento.

Como metodología de desarrollo se utilizará ***Methontology*** debido a las facilidades expuestas y que ha sido utilizada con resultados satisfactorios en la construcción de múltiples ontologías. Se empleará el lenguaje de desarrollo **OWL 2** teniendo en cuenta que es fiable para definir ontologías estructuradas, que pueden ser utilizadas a través de diferentes sistemas. La herramienta para definir la ontología será

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

Protégé 5.0, herramienta a través de la cual se pueden construir ontologías de dominio. El razonador escogido para validar y comprobar la consistencia de la ontología es **Pellet 1.3**, este puede ser utilizado conjuntamente con *Protégé*, bibliotecas del API de OWL o de **Jena 2.13.0**, sistema de almacenamiento que se utilizará para visualizar el contenido ontológico. Para el modelado de los diagramas de clases se escogió **Visual Paradigm 8.0**, mientras que para el trabajo con la ontología convertida a un modelo persistente se utilizará **NetBeans 8.0.2**.

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Capítulo 2: Diseño e implementación de la propuesta

En el presente capítulo se realizará el diseño e implementación de la propuesta ontológica, haciendo uso de las herramientas descritas en el capítulo anterior. El principal objetivo de dicha propuesta ontológica es clasificar conceptos y compartir dicho conocimiento referente al modelo desarrollo-producción UCI, basado en el nivel dos y tres de madurez del modelo de calidad CMMI. Para ello se realiza el diseño de las relaciones entre cada uno de los conceptos a tratar, lo cual contribuye a un mejor entendimiento del lector, dando así la posibilidad de estructurar, actualizar y organizar la información del modelo de desarrollo-producción UCI. El proceso de construcción de la propuesta ontológica será guiado por los pasos que propone la metodología *Methontology*.

2.1 Desarrollo de la solución

Methontology proporciona guías sobre cómo llevar a cabo el desarrollo de ontologías a través de las actividades de especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento.

2.1.1 Especificación

Esta actividad permite determinar por qué se construye la ontología, cuál será su uso, y quiénes serán sus usuarios finales. Además se especifican las preguntas de competencia que la propuesta ontológica una vez desarrollada debe responder.

Tabla 1: Especificación de alcance

Dominio	Calidad
Fecha	13/01/2016
Desarrollador	Miguel Angel Ginori Pérez
Propósito	Desarrollar una Ontología que pueda ser utilizada como base de conocimiento para el proceso productivo UCI. Dicha Ontología permitirá brindar información actualizada, organizada y estructurada acerca del modelo desarrollo-producción UCI, basado en el nivel dos y tres de madurez de CMMI, de manera tal que brinde una fuente de conocimiento común y además pueda ser utilizada en futuras aplicaciones semánticas.
Nivel de Formalidad	Formal

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Alcance	Todos los Centros de Desarrollo y Producción de la UCI
Fuente de conocimiento	El sitio web: http://mejoras.prod.uci.cu y los libros de proceso de las áreas de proceso del nivel tres de madurez de CMMI.

Preguntas de competencia:

Una de las formas de determinar el alcance de la ontología es confeccionando una lista de preguntas, que la base de conocimiento ontológico debería ser capaz de responder. Las preguntas de competencia no necesitan ser exhaustivas. Además las respuestas a las mismas pueden cambiar durante el diseño de la ontología debido a algún cambio o actualización realizada a la ontología. A partir del resultado obtenido en las entrevistas realizadas a los especialistas de la Dirección de Calidad de la UCI y a los especialistas que se encuentran trabajando en la definición de los procesos de mejora de las áreas de proceso del nivel tres de madurez de CMMI, se identificaron las debilidades presentes en la utilización del conocimiento correspondiente al modelo desarrollo-producción de la Universidad, se elaboraron las preguntas de competencia, las cuales reflejan de manera general el conocimiento básico necesario para ser utilizado en el proceso productivo UCI.

La propuesta ontológica debe responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los conceptos formalizados en la ontología que componen el modelo desarrollo-producción UCI?
2. ¿Cuáles son los individuos de cada concepto?
3. ¿Cómo se encuentra estructurada la relación que existe entre los conceptos?
4. ¿Cuál es el conocimiento almacenado en la propuesta ontológica a partir de la relación entre los individuos?

2.1.2 Conceptualización

Esta actividad consiste en organizar y convertir una percepción informal de un dominio en una especificación semi-formal usando un conjunto de representaciones intermedias (tablas, diagramas) que puedan ser entendidas por los expertos del dominio y los desarrolladores de ontologías. Para asegurar en cierta medida la consistencia y completitud de la ontología que se construye, *Methontology* recomienda realizar una serie de tareas en un orden determinado. A continuación se muestran las tareas propuestas por *Methontology* para la actividad de conceptualización, haciendo énfasis en los principales elementos especificados en la Ontología.

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Tareas de Conceptualización:

- ✓ Construir el glosario de términos:

En el glosario de términos se encuentran todos los términos de interés para el dominio (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos, entre otros), así como sus descripciones en el lenguaje natural.

Tabla 2: Glosario de términos

Número	Término	Acrónimo	Descripción	Tipo
1	Nivel de Madurez	NM	Un nivel de madurez consta de prácticas establecidas para un conjunto predefinido de áreas de proceso que mejoran el rendimiento global de la organización.	Concepto
2	Área de proceso	AP	Grupo de prácticas relacionadas dentro de un área que, cuando se implementan conjuntamente, satisface un grupo de objetivos considerados importantes para mejorar dicha área.	Concepto
3	Declaración de propósito		Describe la finalidad del área de proceso y es un componente informativo.	Concepto
4	Recurso		Herramientas que se emplean en la puesta en práctica de las áreas de proceso, pueden ser tangibles o no.	Concepto
5	Lista de chequeo		Permiten determinar el grado de conformidad de las áreas de proceso con las políticas o lineamientos de calidad definidos por la organización.	Concepto
6	Descripción		Se identifican los elementos principales que componen los indicadores de medición y los roles.	Concepto
7	Propósito		Explican la utilidad futura tanto de las listas de chequeo, como de los artefactos, las tareas y las guías.	Concepto
8	Guía		Documentos de apoyo que pueden ser utilizados como referencia en la puesta en práctica de las áreas de proceso.	Concepto
9	Subproceso		Son partes bien definidas de un área de proceso. Su identificación permite aislar problemas que puedan ocurrir y brindar tratamientos diferentes dentro de un área de proceso.	Concepto

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

10	Objetivo		Especifican para qué fueron creados los subprocesos.	Concepto
11	Modelo desarrollo-producción		Modelo de referencia para el proceso desarrollo-producción en la organización. Incluye el modelo de referencia y los criterios para su configuración.	Concepto
12	Fase		Constituyen la estructura en la que se encuentra organizado el modelo de desarrollo-producción.	Concepto
13	Rol		Representa el personal calificado que ejecuta las tareas que se encuentran en cada área de proceso.	Concepto
14	Tarea		Conjunto de orientaciones que se deben desarrollar para obtener un artefacto.	Concepto
15	Artefacto		Resultado de la ejecución de una o varias tareas; son documentos tanto en formato .doc, xls o .pdf, que brindan información detallada acerca de la organización.	Concepto
16	Indicador de medición		Establecen cómo se va a realizar la medición de los análisis efectuados en las áreas de proceso.	Concepto
17	ejecutado por		Relación que se establece entre los conceptos Tarea y Rol.	Relación
18	compuesto por		Relación que existe entre los conceptos Nivel de Madurez y Área de proceso.	Relación
19	define		Relación que existe entre los conceptos Área de proceso y Declaración de propósito.	Relación
20	emplea		Relación que se establece entre los conceptos Rol y Guía.	Relación
21	utiliza		Relación que se establece entre los conceptos Área de proceso y Recurso.	Relación
22	propone		Relación que se establece entre los conceptos Área de proceso y Lista de chequeo.	Relación
23	se señalan		Relación que se establece entre los conceptos Lista de chequeo y Propósito de lista de chequeo.	Relación
24	se detallan		Relación que se establece entre el concepto Guía con el concepto Propósito de guía.	Relación

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

25	identifican		Relación que se establece entre los conceptos Indicador de medición y Descripción de indicador.	Relación
26	generados por		Relación que se establece entre los conceptos Artefacto y Tarea.	Relación
27	entrada de		Relación que se establece entre los conceptos Artefacto y Tarea.	Relación
28	tiene propósito		Relación que se establece entre el concepto Artefacto con el concepto Propósito de Artefacto.	Relación
29	establece		Relación que se establece entre los conceptos Área de proceso y Guía.	Relación
30	involucra		Relación que se establece entre los conceptos Área de proceso y Rol.	Relación
31	aplica		Relación que se establece entre los conceptos Área de proceso e Indicador de medición.	Relación
32	especifica		Relación que se establece entre los conceptos Rol y Descripción de rol.	Relación
33	se declaran		Relación que se establece entre el concepto Subproceso con el concepto Objetivo de subproceso.	Relación
34	reúne		Relación que se establece entre los conceptos Área de proceso y Subproceso.	Relación
35	asignados a		Relación que se establece entre los conceptos Subproceso y Rol.	Relación
36	requeridos en		Relación que se establece entre los conceptos Área de proceso y Fase.	Relación
37	requiere de		Relación que se establece entre los conceptos Fase y Áreas de proceso.	Relación
38	estructurado por		Relación que se establece entre los conceptos Modelo de desarrollo-producción y Fase.	Relación
39	responsable de		Relación que se establece entre los conceptos Rol y Artefacto.	Relación
40	ejecuta		Relación que se establece entre los conceptos Rol y Tarea.	Relación
41	determinan		Relación que se establece entre el concepto Tarea y Propósito de Tarea.	Relación
42	entrada		Relación que se establece entre los conceptos Tarea y Artefacto.	Relación
43	generan		Relación que se establece entre los	Relación

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

			conceptos Tarea y Artefacto.	
44	se realizan		Relación que se establece entre los conceptos Subproceso y Tarea.	Relación
45	relación entre		Relación que establece el concepto Área de proceso consigo mismo.	Relación
46	posee		Relación que se establece entre los conceptos Modelo desarrollo-producción y Nivel de madurez.	Relación

- ✓ Construir taxonomía de conceptos:

Luego de haberse confeccionado el glosario de términos se procede a construir una taxonomía para definir la jerarquía entre los conceptos.

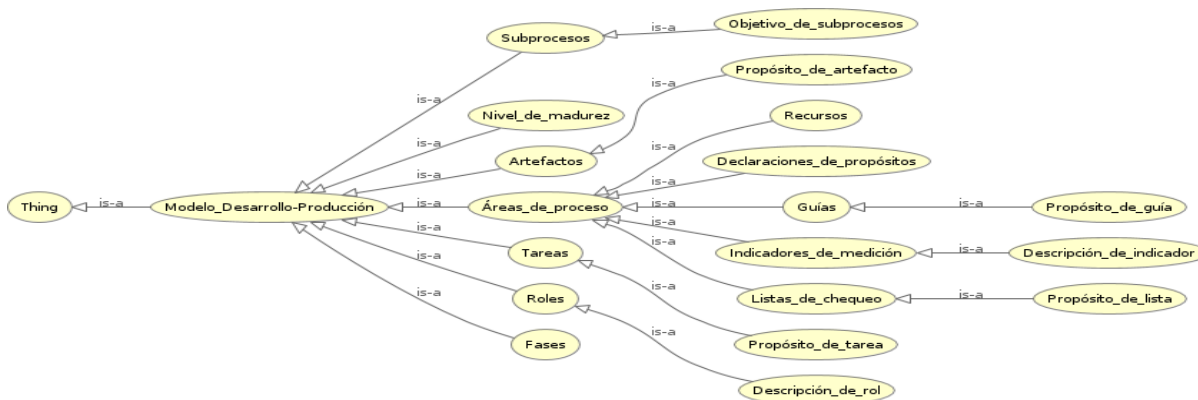


Fig. 1: Taxonomía de conceptos

- ✓ Construir diagrama de relaciones binarias:

El objetivo de este diagrama es establecer las relaciones entre los conceptos de una o más taxonomías de conceptos.

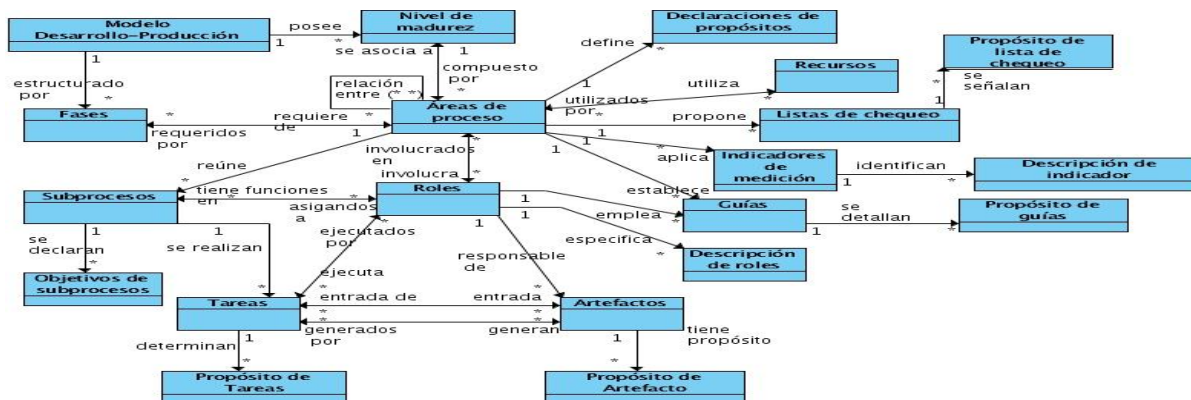


Fig. 2: Diagrama de relaciones binarias

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

- ✓ Construir diccionario de conceptos:

Luego de haberse generado el diagrama de relaciones binarias y la taxonomía de los conceptos, se procede a especificar las relaciones/propiedades que describen cada concepto de la taxonomía. Para ello se crea el siguiente diccionario de conceptos que contiene todas las concepciones del dominio, sus relaciones, sus instancias y sus atributos de clase y de instancia.

Tabla 3: Diccionario de conceptos

Concepto	Instancia	Atributos de clase	Atributos de instancia	Relaciones
Nivel de Madurez	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nivel 2 de madurez ✓ Nivel 3 de madurez 	-	Nombre	<ul style="list-style-type: none"> ✓ compuesto por
Área de procesos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestión de Configuración ✓ Medición y análisis ✓ Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto ✓ Monitorización y Control del Proyecto ✓ Planeación del proyecto ✓ Gestión de Acuerdos con Proveedores ✓ Gestión de requisitos ✓ Análisis de decisiones y resolución ✓ Gestión integrada del proyecto ✓ Enfoque en procesos de la organización ✓ Definición de procesos de la organización ✓ Entrenamiento organizacional ✓ Integración de producto ✓ Desarrollo de requerimientos ✓ Gestión de riesgos ✓ Solución técnica ✓ Validación ✓ Verificación 	-	Siglas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ define ✓ utiliza ✓ propone ✓ reúne ✓ involucra ✓ establece ✓ se asocia a ✓ relación entre ✓ aplica ✓ requeridos por

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Declaraciones de propósitos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Declaraciones de propósitos CM ✓ Declaraciones de propósitos MA ✓ Declaraciones de propósitos PPQA ✓ Declaraciones de propósitos PMC ✓ Declaraciones de propósitos PP ✓ Declaraciones de propósitos REQM ✓ Declaraciones de propósitos SAM ✓ Declaraciones de propósitos DAR ✓ Declaraciones de propósitos IPM ✓ Declaraciones de propósitos OPF ✓ Declaraciones de propósitos OPD ✓ Declaraciones de propósitos OT ✓ Declaraciones de propósitos PI ✓ Declaraciones de propósitos RD ✓ Declaraciones de propósitos RSKM ✓ Declaraciones de propósitos TS ✓ Declaraciones de propósitos VAL ✓ Declaraciones de propósitos VER 	-	-	
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recursos CM ✓ Recursos MA ✓ Recursos PPQA ✓ Recursos PMC ✓ Recursos PP ✓ Recursos REQM ✓ Recursos SAM ✓ Recursos DAR ✓ Recursos IPM ✓ Recursos OPF ✓ Recursos OPD ✓ Recursos OT ✓ Recursos PI ✓ Recursos RD ✓ Recursos RSKM 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ✓ utilizado por

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recursos TS ✓ Recursos VAL ✓ Recursos VER 			
Listas de chequeo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Listas de chequeo CM ✓ Listas de chequeo MA ✓ Listas de chequeo PPQA ✓ Listas de chequeo PMC ✓ Listas de chequeo PP ✓ Listas de chequeo REQM ✓ Listas de chequeo SAM ✓ Listas de chequeo DAR ✓ Listas de chequeo IPM ✓ Listas de chequeo OPF ✓ Listas de chequeo OPD ✓ Listas de chequeo OT ✓ Listas de chequeo PI ✓ Listas de chequeo RD ✓ Listas de chequeo RSKM ✓ Listas de chequeo TS ✓ Listas de chequeo VAL ✓ Listas de chequeo VER 	-	-	✓ se señalan
Guías	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Guías CM ✓ Guías MA ✓ Guías PPQA ✓ Guías PMC ✓ Guías PP ✓ Guías REQM ✓ Guías SAM ✓ Guías DAR ✓ Guías IPM ✓ Guías OPF ✓ Guías OPD ✓ Guías OT ✓ Guías PI ✓ Guías RD ✓ Guías RSKM 	-	-	✓ se detallan

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Guías TS ✓ Guías VAL ✓ Guías VER 			
Roles	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Roles CM ✓ Roles MA ✓ Roles PPQA ✓ Roles PMC ✓ Roles PP ✓ Roles REQM ✓ Roles SAM ✓ Roles DAR ✓ Roles IPM ✓ Roles OPF ✓ Roles OPD ✓ Roles OT ✓ Roles PI ✓ Roles RD ✓ Roles RSKM ✓ Roles TS ✓ Roles VAL ✓ Roles VER 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ✓ especifica ✓ emplea ✓ involucrados en ✓ ejecuta ✓ responsable de ✓ tienen funciones en
Tareas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tareas CM ✓ Tareas MA ✓ Tareas PPQA ✓ Tareas PMC ✓ Tareas PP ✓ Tareas REQM ✓ Tareas SAM ✓ Tareas DAR ✓ Tareas IPM ✓ Tareas OPF ✓ Tareas OPD ✓ Tareas OT ✓ Tareas PI ✓ Tareas RD ✓ Tareas RSKM 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ejecutados por ✓ generan ✓ entrada ✓ determinan

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tareas TS ✓ Tareas VAL ✓ Tareas VER 			
Artefactos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Artefacto CM ✓ Artefacto MA ✓ Artefacto PPQA ✓ Artefacto PMC ✓ Artefacto PP ✓ Artefacto REQM ✓ Artefacto SAM ✓ Artefacto DAR ✓ Artefacto IPM ✓ Artefacto OPF ✓ Artefacto OPD ✓ Artefacto OT ✓ Artefacto PI ✓ Artefacto RD ✓ Artefacto RSKM ✓ Artefacto TS ✓ Artefacto VAL ✓ Artefacto VER 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ✓ generados por ✓ entrada de ✓ tiene propósito
Indicadores de medición	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Indicadores de medición MA ✓ Indicadores de medición RSKM 			<ul style="list-style-type: none"> ✓ identifican
Subproceso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Subproceso CM ✓ Subproceso MA ✓ Subproceso PPQA ✓ Subproceso PMC ✓ Subproceso PP ✓ Subproceso REQM ✓ Subproceso SAM ✓ Subproceso DAR ✓ Subproceso IPM ✓ Subproceso OPF ✓ Subproceso OPD ✓ Subproceso OT ✓ Subproceso PI 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ✓ se declaran ✓ asignados a ✓ se realizan

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Subproceso RD ✓ Subproceso RSKM ✓ Subproceso TS ✓ Subproceso VAL ✓ Subproceso VER 			
Fases	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inicio ✓ Ejecución ✓ Cierre 	-	-	✓ requiere de
Modelo desarrollo-producción	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modelo de desarrollo-producción UCI 	-		<ul style="list-style-type: none"> ✓ estructurado por ✓ posee

- ✓ Describir relaciones binarias:

El principal objetivo de esta actividad es describir en detalle todas las relaciones binarias que se identificaron en el diagrama de relaciones binarias e incluidas en el diccionario de conceptos. Para cada relación binaria se debe especificar: nombre, conceptos fuente, destino, cardinalidad y relación inversa.

Tabla 4: Descripción de relaciones binarias

Nombre de la relación	Concepto origen	Cardinalidad	Concepto destino	Relación inversa
compuesto por	Nivel de madurez	1-n	Áreas de proceso	se asocia a
requiere de	Fases	1-n	Áreas de proceso	requeridos por
utiliza	Áreas de proceso	1-n	Recursos	utilizado por
involucra	Áreas de proceso	1-n	Roles	involucrados en
relación entre	Áreas de proceso	1-n	Áreas de proceso	relación entre
asignados a	Subproceso	1-n	Roles	tienen funciones en
ejecuta	Roles	1-n	Tareas	ejecutado por
generan	Tareas	1-n	Artefacto	generados por
entrada	Tareas	1-n	Artefacto	entrada de

- ✓ Describir atributos de instancias:

El objetivo de esta actividad es describir todos los atributos de instancias incluidos en el diccionario de conceptos. Para ello, en cada atributo se deben identificar los campos nombre, concepto al que

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

pertenece (teniendo en cuenta que los atributos son locales al concepto), el tipo de valor, el valor del rango en caso de ser numérico y la cardinalidad.

Tabla 5: Descripción de atributos de instancias

Nombre del atributo de instancia	Concepto	Tipo de valor	Rango	Cardinalidad
Nombre	Nivel de Madurez	String	-	(1-1)
Siglas	Áreas de proceso	String	-	(1-1)

✓ Describir atributos de clases:

El objetivo de esta tarea es describir todos los atributos de clase que se encuentran en el diccionario de conceptos, donde este aspecto no se encuentra reflejado, debido a que los conceptos a manejar en la presente investigación, solo van a estar identificados a través de las instancias/individuos presentes en cada uno de ellos y no es necesario emplear atributos para caracterizar los conceptos.

✓ Describir constantes:

El objetivo principal de esta actividad es describir cada una de las constantes identificadas en el glosario de términos, donde solamente fueron identificados términos de tipo concepto y relaciones. En la propuesta ontológica a desarrollar, no se hace uso de constantes, debido a que el conocimiento almacenado en la misma, va a estar estructurado a través de los conceptos identificados y sus relaciones, los cuales no hacen uso de constantes.

✓ Describir axiomas formales:

En esta actividad se deben identificar los axiomas formales que son necesarios en la Ontología y describirlos de manera precisa. Los axiomas formales son expresiones lógicas siempre verdaderas que suelen utilizarse para definir restricciones en la ontología. La definición de cada axioma incluye el nombre, la descripción de la regla en lenguaje natural, el concepto al que se refiere el axioma, la expresión lógica que describe formalmente el axioma utilizando FOPC (cálculo de predicados de primer orden) y la relación.

Tabla 6: Descripción de axiomas formales

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Nombre Axioma	Descripción	Expresión	Conceptos	Relación	Variables
Axioma Nivel	Todo Nivel de madurez está compuesto por varias Áreas de proceso	$\forall(X, Y)$ (Nivel de madurez(X), Áreas de proceso(Y) \rightarrow compuesto por (X,Y))	-Áreas de proceso -Nivel de madurez	- compuesto por	X Y
Axioma Fases	Existen fases que requieren de todos los Áreas de proceso	$\exists(x)$ (Fases (x), Áreas de proceso (y) \rightarrow requiere de (x,y))	-Fases -Áreas de proceso	-requiere de	X Y

✓ Describir reglas:

En esta tarea se deben identificar las reglas a utilizar en la propuesta ontológica y luego describirlas en la tabla de descripción de reglas. Para cada regla, *Methontology* propone incluir la siguiente información: nombre, descripción en lenguaje natural, expresión que describe formalmente la regla y conceptos, atributos y relaciones utilizados en la regla, así como las variables usadas.

Methontology propone especificar las expresiones de las reglas utilizando el formato si <condiciones> entonces <consecuente>. La parte izquierda de la regla es una conjunción de condiciones simples, mientras que la parte derecha es una simple expresión de un valor de la ontología.

Tabla 7: Descripción de reglas

Nombre Regla	Descripción	Expresión	Concepto	Relación	Atributos	Variables
Regla Modelo desarrollo-producción	Si el modelo de desarrollo-producción tiene un nivel de madurez y se	si [Modelo desarrollo-producción](?X) y [Nivel de madurez](?Y) y	-Nivel de madurez -Modelo desarrollo-producción	-posee -estructurado por	-nombre del nivel -nombre del modelo -nombre de	X Y Z

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

	encuentra estructurado por fases, entonces cuál es el nombre de ese nivel, el nombre del modelo y el nombre de la fase.	[Fase](?Z) y posee(X,Y) y estructurado por (X, Z) entonces [nombre del nivel](?Y) y [nombre del modelo](?X) y [nombre de fase](?Z)	-Fase		fase	
Regla Guía	Si cada guía tiene propósito de guías entonces cuáles son los sus propósitos.	si [Guías](?X) y [Propósito de guías](?Y) y se detallan(X,Y) entonces [nombre de guía](?X) y [propósito de guía](?Y)	-Guías -Propósito de guías	-se detallan	-nombre de guías -propósito de guía	X Y

✓ Describir instancias:

Luego de haberse creado el modelo conceptual de la Ontología, se procede a definir las instancias de los conceptos que aparecen en el diccionario de conceptos.

Tabla 8: Descripción de instancias

Nombre instancia	Concepto	Atributo	Valor
Nivel de madurez 3	Nivel de Madurez	Nombre	Definido
Análisis de decisiones y resolución	Área de procesos	Siglas	DAR
Gestión integrada del proyecto	Área de procesos	Siglas	IPM

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

2.1.3 Formalización

Esta etapa se encarga de transformar el modelo conceptual generado en la etapa anterior a un modelo formal o semi-computable. Para ello se hace uso del editor *Protégé 5.0*, donde se añaden los conceptos y relaciones que fueron definidos anteriormente en el Glosario de términos.

2.1.3.1 Creación de las clases

Las clases son creadas según la jerarquía definida en la Taxonomía de conceptos, partiendo desde la clase padre “*Thing*”, que es una palabra clave que hace referencia a la W3C. Cada clase presentará: anotaciones, clases equivalentes, sub-clases, instancias y restricciones.

En la figura 4 se muestra la jerarquía de clases creada en *Protégé*:



Fig. 3: Descripción de las clases creadas en *Protégé*

2.1.3.2 Creación de las propiedades

Las propiedades son los elementos ontológicos que permiten establecer las relaciones, estas describen las cualidades internas de los conceptos. Existen dos tipos principales de propiedades: los *object properties* y *datatype properties*. Los *object properties* sirven para definir propiedades que conectan una clase con otra, mientras que los *datatype properties* se utilizan para definir propiedades que conectan una clase con un tipo de dato. Mientras se añaden las *object properties* deben definirse las propiedades inversas de estas, también se especifica el dominio y rango, o sea las clases que se relacionan.

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

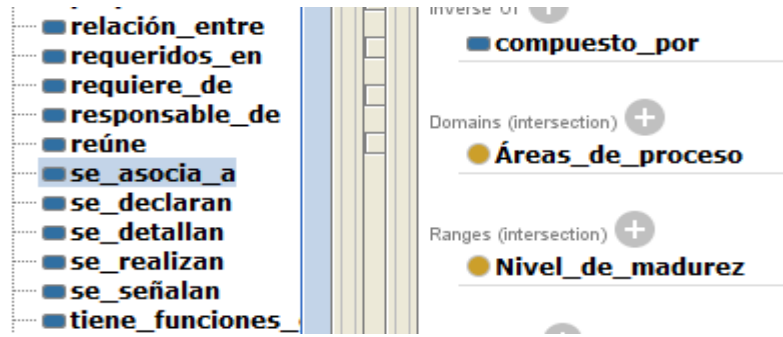


Fig. 4: Descripción de los object properties en Protégé

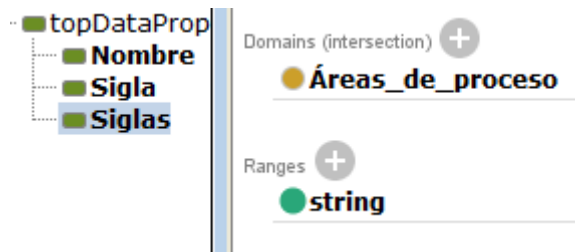


Fig. 5: Descripción de los data properties en Protégé

2.1.3.3 Creación de las reglas

En la definición de las reglas se utilizan las relaciones y las clases existentes en la ontología, cuantificándolas de forma universal y existencial.

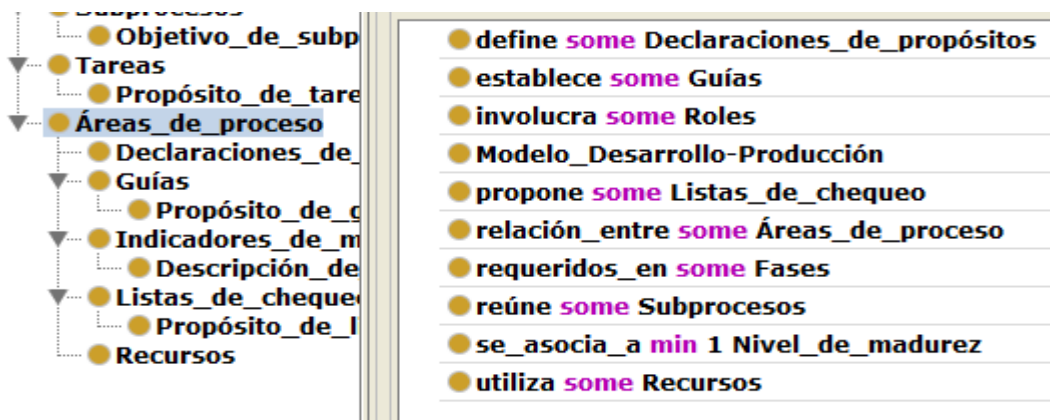


Fig. 6: Descripción de las reglas en Protégé

2.1.3.4 Creación de las instancias

Las instancias representan el conocimiento de la ontología, se utilizan para representar objetos determinados de un concepto y mediante estas se realiza gran parte del proceso de razonamiento, además de que muestran en la práctica, la funcionalidad del sistema. Ejemplo de ello se muestra en la siguiente figura:

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

- Administración_de_la_configuración
- Administración_de_requisitos
- Análisis_de_decisiones_y_resolución
- Aseguramiento_de_la_calidad_de_procesos
- Definición_de_procesos_de_la_organización
- Desarrollo_de_requisitos
- Enfoque_en_proceso_de_la_organización
- Formación_en_la_organización
- Gestión_de_riesgos
- Gestión_integrada_del_proyecto
- Integración_del_producto
- Medición_y_análisis
- Monitoreo_y_control_del_proyecto
- Planeación_de_proyecto
- Proceso_para_definir_Procesos
- Solución_técnica
- Validación
- Verificación

Fig.7: Descripción de instancias en Protégé.

2.1.3.5 Creación de los axiomas

Luego de creadas las instancias se crean los axiomas los cuales especifican las relaciones entre las instancias, además que son necesarios para definir la semántica o el significado de los términos. En la **Figura 8** se ilustra este procedimiento.

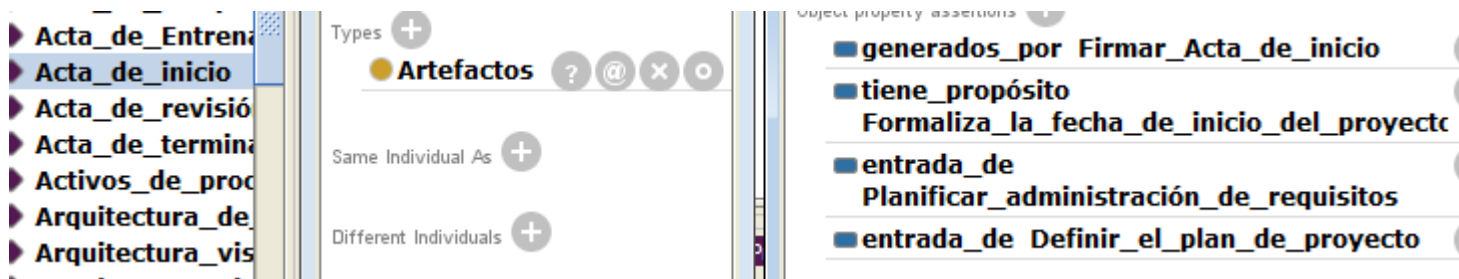


Fig. 8: Descripción de los axiomas en Protégé

2.1.4 Implementación

En esta actividad se construyen modelos computables en un lenguaje de ontologías, para ello se hace uso del lenguaje OWL. *Protégé* permite realizar programas en OWL brindando facilidades para ello, gracias a su entorno gráfico pero a la vez permite el acceso a su código fuente. Aquí se muestran algunos extractos de los elementos más significativos que se crean como son clases, relaciones, individuos y propiedades. Estos muestran cómo se codifican los datos de la propuesta ontológica.

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Los atributos también se asocian a clases como se definió en la pestaña *Data Properties*, por ejemplo la clase Nivel de madurez tiene un atributo llamado Nombre y se define de la siguiente forma:

```
<owl2xml:DataPropertyDomain>
<owl2xml:DataProperty owl2xml:URI="Nombre"/>
<owl2xml:Class owl2xml:URI="Nivel_de_Madurez"/>
</owl2xml:DataPropertyDomain>
```

Las relaciones entre las clases se declaran estableciendo también las relaciones inversas, como es el caso de compuesto_por, relación entre Nivel de madurez y Área de proceso y su inversa: se_asocia_a.

```
<owl2xml:InverseObjectProperties>
<owl2xml:ObjectProperty owl2xml:URI="compuesto_por"/>
<owl2xml:ObjectProperty owl2xml:URI="se_asocia_a"/>
</owl2xml:InverseObjectProperties>
```

Los Individuos representan el conocimiento de la ontología, por ejemplo las declaraciones de propósitos del área de proceso Análisis de decisiones y resolución DAR se definen de la siguiente manera.

```
<owl2xml:EntityAnnotation>
<owl2xml:Individual owl2xml:URI="Declaraciones_de_propósitos_DAR"/>
<owl2xml:Annotation owl2xml:annotationURI="&rdfs;comment">
<owl2xml:Constant owl2xml:datatypeURI="&xsd;string">El propósito del Análisis de decisiones y
Resolución (DAR) es analizar las decisiones posibles utilizando un proceso de evaluación formal que
evalúa alternativas identificadas frente a criterios establecidos</owl2xml:Constant>
</owl2xml:Annotation>
</owl2xml:EntityAnnotation>
```

2.1.5 Mantenimiento

Esta actividad permite la actualización y corrección de la ontología. Para el mantenimiento de la Ontología se tendrá en cuenta cualquier cambio que se produzca en la identificación de los procesos de mejora en las áreas de proceso del nivel dos o tres de madurez de CMMI. De igual manera si cualquier aspecto novedoso se incorporara al modelo de desarrollo-producción UCI este podría ser incluido en la ontología. Se seguirán un conjunto de políticas que deberán ser implementadas en un periodo de un año para el caso de las actualizaciones, dentro de esta actividad se darán cursos de capacitación por parte del

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

personal calificado y especializado en los temas de desarrollo de Ontologías, en estrecha relación con las tecnologías utilizadas en el desarrollo de la propuesta ontológica.

2.1.5.1 Políticas de mantenimiento de la Ontología

1. Luego de finalizado el desarrollo de la Ontología, se propone un usuario administrador que es el encargado de realizar los cambios pertinentes en la misma.
2. Los cambios realizados pueden realizarse mediante la herramienta *Protégé* o haciendo uso de marcos de trabajo como *Jena*, que fue el utilizado en la presente investigación para acceder a la ontología propuesta y dar respuesta a las preguntas de competencia.
3. En todo cambio realizado se debe tener en cuenta las relaciones entre las clases y su significado.
4. Si se elimina alguna clase, entonces se debe eliminar además las instancias correspondientes a esa clase y las relaciones con otras clases, para que no existan instancias aisladas.
5. Si se añade una nueva clase, se debe respetar la jerarquía entre las clases definida en la taxonomía de conceptos, para evitar de esta manera que exista inconsistencia en la Ontología y se deben seguir los pasos que propone *Methontology* comenzando desde el inicio.

2.2 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se empleó la metodología *Methontology* para guiar el desarrollo de la propuesta ontológica, a partir de los pasos que esta propone en cada fase. En la fase de Especificación se detalló el alcance de la propuesta ontológica y se identificaron un total de 4 preguntas de competencia que la ontología debe responder. Mientras que en la fase de Conceptualización se especificaron un total de 20 clases/conceptos y 37 propiedades. Luego en la fase de Formalización se realizó el diseño de la propuesta ontológica haciendo uso del editor *Protégé* donde se crearon los conceptos y propiedades obtenidas en la fase anterior y se describieron un total de 834 individuos/instancias y 4425 axiomas. En la fase de Implementación se exportó la propuesta ontológica diseñada al lenguaje OWL y se detallaron sus características. Además se especificaron un conjunto de políticas de mantenimiento para apoyar el correcto funcionamiento de la propuesta ontológica una vez culminada.

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

Capítulo 3: Validación de la propuesta ontológica

En el presente capítulo se realizará la validación de la propuesta ontológica desarrollada, a partir de la puesta en práctica de varios criterios de evaluación, entre los que se encuentran: uso correcto del lenguaje, exactitud de la estructura taxonómica y adecuación a requerimientos.

3.1 Evaluación de la propuesta ontológica

La evaluación de ontologías consiste en la emisión de un juicio técnico del contenido, con respecto a un marco de referencia (requerimientos, preguntas de competencia, entre otros) en cada fase del ciclo de vida de la metodología empleada. La evaluación considera la verificación y validación de la ontología; en la primera se chequea la construcción correcta, es decir, que las definiciones implementen los requerimientos y den respuestas a las preguntas de competencia preestablecidas; la validación se refiere a que las definiciones de la ontología modelen correctamente el dominio para el cual fueron creadas. En resumen se puede decir que la evaluación de una ontología consiste en determinar si esta satisface los criterios de diseño preestablecidos.

Para la evaluación de la propuesta ontológica desarrollada en el presente capítulo se pondrá en práctica el Modelo de evaluación propuesto por Ramos (2009) para validar Ontologías, a partir de la identificación de los siguientes criterios:

- ✓ Uso correcto del lenguaje
- ✓ Exactitud de la estructura taxonómica
- ✓ Adecuación a requerimientos

3.1.1 *Uso correcto del lenguaje*

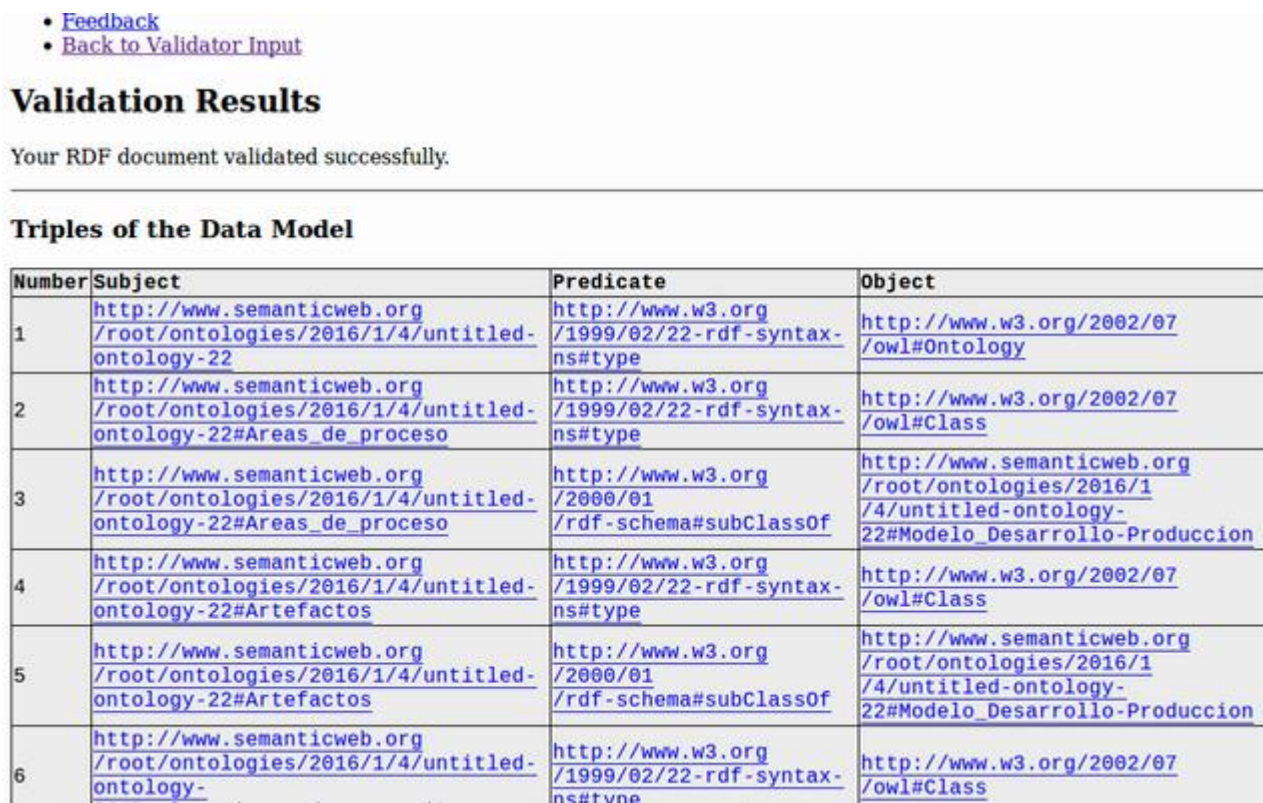
Este criterio especifica evaluar, con base en las características y reglas de construcción del lenguaje usado, la codificación de la ontología.

Para ello se hace uso de un servicio en línea que ofrece la Red Informática Mundial (W3C por sus siglas en inglés, comunidad internacional que desarrolla estándares que aseguran el crecimiento de la web a largo plazo), que facilita la validación de archivos RDF, servicio que permite al usuario conocer cuando la ontología o el archivo poseen inconsistencias, verifica la taxonomía de dicha ontología y muestra los posibles errores encontrados. Se encuentra disponible en la siguiente dirección electrónica: www.w3.org/RDF/Validator.

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

Este servicio de validación brinda la posibilidad de copiar el código de la ontología, el cual va a ser chequeado partiendo de la estructura taxonómica de la propuesta ontológica, luego se chequean las propiedades, las reglas y por último los individuos/instancias de cada clase. A medida que se van chequeando los elementos ontológicos, estos se muestran visualmente en la página del servicio en línea y se determina si son válidos para un archivo RDF. Al término de la comprobación se muestra un mensaje constatando que no existen inconsistencias en el código.

En la siguiente imagen se muestra parte del resultado de la validación haciendo uso de la página de la W3C, destacando que no existen errores en la propuesta ontológica, a través de un mensaje de confirmación:



• [Feedback](#)
• [Back to Validator Input](#)

Validation Results

Your RDF document validated successfully.

Triples of the Data Model

Number	Subject	Predicate	Object
1	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Ontology
2	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22#Areas_de_proceso	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Class
3	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22#Areas_de_proceso	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22#Modelo_Desarrollo-Produccion
4	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22#Artefactos	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Class
5	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22#Artefactos	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22#Modelo_Desarrollo-Produccion
6	http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2016/1/4/untitled-ontology-22#Artefactos	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Class

Fig. 9: Validación de la ontología en la página de validación de la W3C

3.1.2 Exactitud de la estructura taxonómica

Este criterio propone examinar la taxonomía considerando: la identificación de inconsistencias, completitud de conceptos, no redundancia de los conceptos y la existencia de redundancias en clases, instancias y relaciones.

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

Para facilitar este chequeo se hizo uso del razonador *Pellet*, el cual permite identificar los elementos antes mencionados, a partir del chequeo de cada una de las clases formalizadas en la herramienta *Protégé*, identificando la jerarquía y la relación que existe entre las mismas.

A continuación se muestran los resultados de la puesta en práctica del razonador Pellet:

- ✓ Comprobación de la consistencia: Permitió constatar que no existen contradicciones en la ontología.
- ✓ Validación de la taxonomía de conceptos: Se observó la relación entre cada clase y comprueba la jerarquía de clases completa. Además constató que no existiera solapamiento entre las clases.
- ✓ Verificación de inferencia de clases: Se encontraron las clases más específicas a las que pertenece cada una de las instancias.

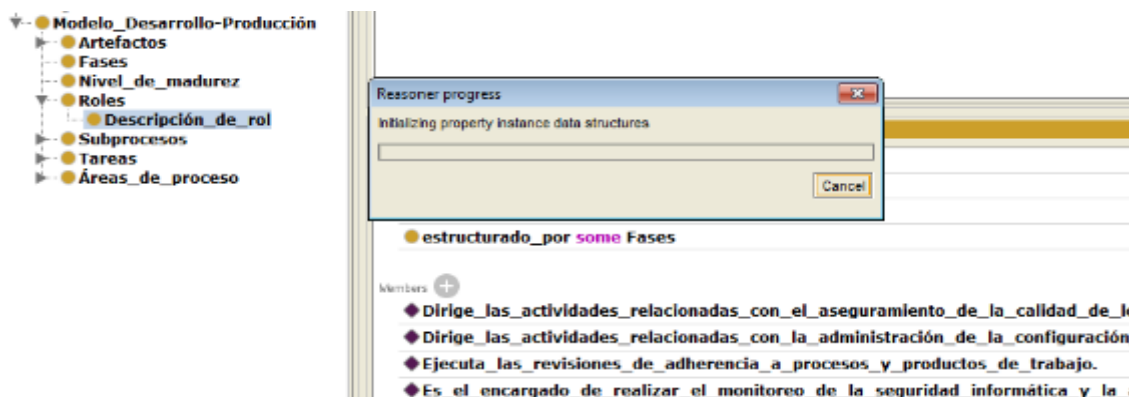


Fig. 10: Uso del razonador en la herramienta *Protégé*

Además de hacer uso del razonador Pellet, se verificó que los conceptos y sus relaciones especificados en *Protégé* se encontraban correctas mediante la comparación con los conceptos y relaciones presentes en el Glosario de términos y en el Diccionario de conceptos, para de esta manera determinar la completitud de conceptos, no redundancia de los conceptos y la existencia de redundancias en clases, instancias y relaciones.

En la ejecución del presente criterio se realizaron dos iteraciones de evaluación donde en la primera se obtuvo una no conformidad de consistencia en la taxonomía que luego fue resuelta; en la segunda iteración no se detectaron no conformidades, determinándose la correcta estructuración de la propuesta ontológica.

3.1.3 Adecuación a requerimientos

En este criterio se verifica y valida que los requerimientos especificados se alcancen de manera satisfactoria y si responde a las preguntas de competencia.

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

Luego de concluida la ontología esta se guarda en formato RDF, para que pueda ser manipulada por una herramienta de almacenamiento persistente, cuyo objetivo es recuperar los datos de la ontología sin necesidad de cargarlos cada vez que se necesite un acceso a la base de conocimiento.

Para la conversión de la ontología a un modelo persistente se hizo uso del marco de trabajo *Jena* en su versión 2.13.0 como sistema de almacenamiento, debido a que entre sus características se encuentra que puede ser usado como *plugin* o librería en un IDE, en este caso se utilizó *Netbeans* en su versión 8.0.2 para el trabajo con el modelo persistente y posibilitar darle respuesta a las preguntas de competencia. A continuación se describen los pasos realizados:

1. Abrir el editor *Protégé* con el archivo OWL que se quiera convertir al modelo persistente.
2. Seleccionar en el menú Archivo, la opción Salvar como, dentro de esta seleccionar la opción RDF/XML, como se muestra en la Figura 11.
3. Abrir el IDE *Netbeans* y crear un nuevo proyecto, seleccionando en el menú Archivo la opción Nuevo Proyecto, se selecciona la opción para el tipo de proyecto Java y de tipo Aplicación Java.
4. Luego en la pestaña Herramientas se selecciona la opción Librerías y se selecciona Crear una nueva librería, como se muestra en Figura 12, para luego almacenar todas las librerías de *Jena*.
5. En la pestaña Proyectos, se ejecuta clic derecho sobre el proyecto creado seleccionando la opción Propiedades luego en la ventana que aparecerá a continuación, se selecciona en el panel izquierdo "categorías" el menú Librerías y se selecciona la opción Añadir librería para añadir las librerías de *Jena*.
6. A partir de las especificaciones que brinda *Jena* se accede a la ontología creada y se codifican las respuestas a las preguntas de competencia, ejemplo de ello se muestra en la Figura 13.

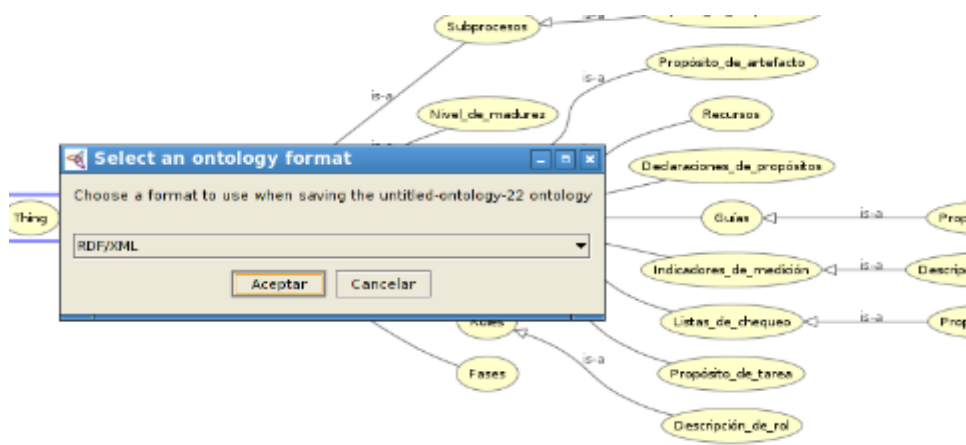


Fig. 11: Ejemplo de exportar una ontología a formato RDF

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

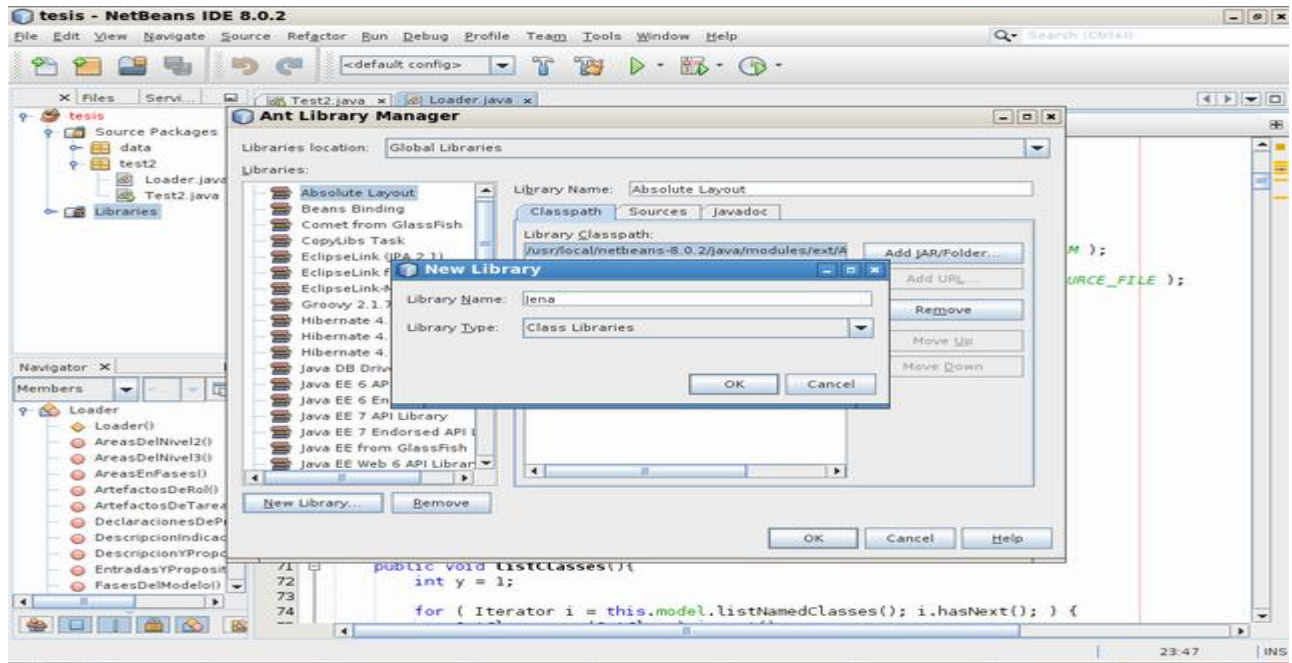


Fig. 12: Creación de una nueva Librería en Netbeans

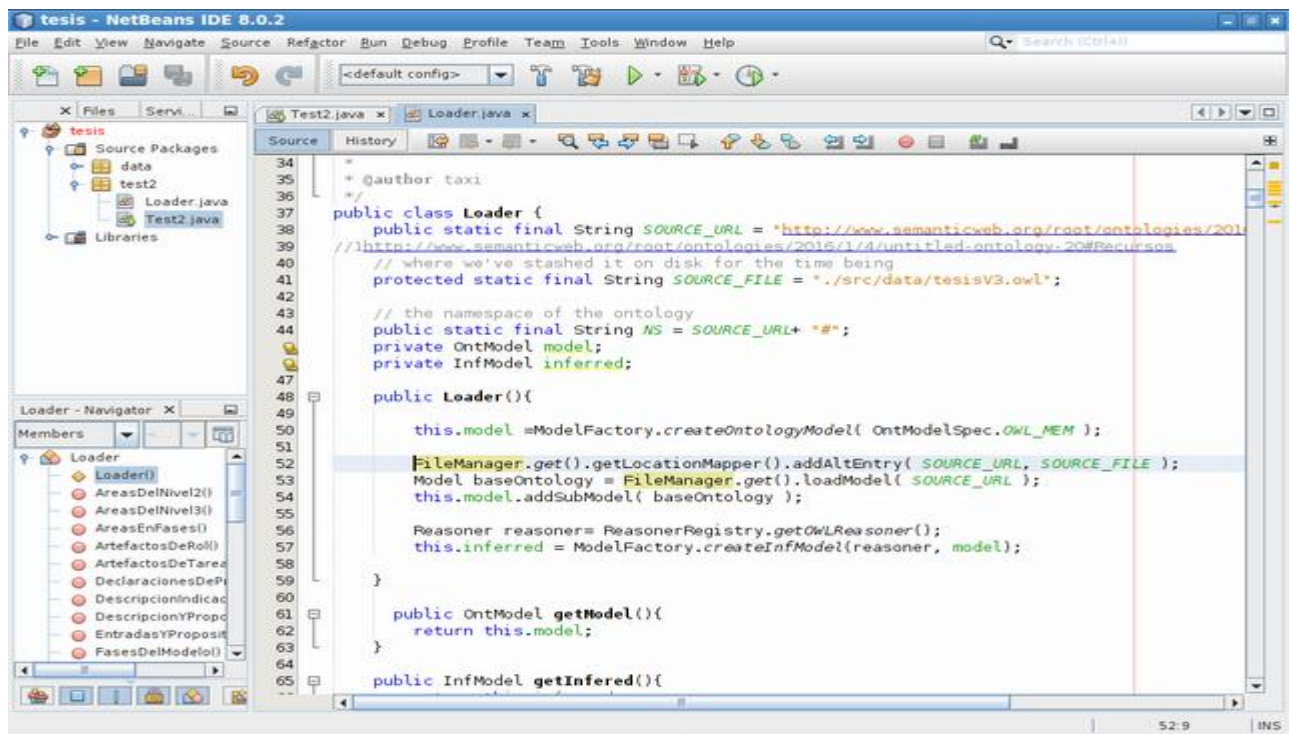


Fig. 13: Acceso y manipulación de la ontología mediante Jena

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

Para acceder a la propuesta ontológica desarrollada, primeramente en la clase principal (*Loader*) se crean dos variables: la primera es para especificar la URI (*Uniform Resource Identifiers*), a través de la cual se identificaron los elementos de la ontología (clases, propiedades, individuos, entre otros) y la segunda es para determinar el lugar físico donde se encuentra la ontología. Luego de creadas las variables, en el constructor de la clase se crea una nueva ontología vacía en memoria y se le añade la ontología existente en el espacio físico especificado en las variables anteriormente creadas. De esta manera se convierte la ontología creada a un modelo persistente y se codifican las preguntas de competencia que esta debe responder, entre las que se encuentran:

1. ¿Cuáles son los conceptos formalizados en la ontología que componen el modelo desarrollo-producción UCI?

```
-----  
las clases de la ontología son:  
-----  
1 Recursos  
2 Propósito_de_lista  
3 Descripción_de_indicador  
4 Propósito_de_tarea  
5 Nivel_de_madurez  
6 Subprocesos  
7 Objetivo_de_subprocesos  
8 Propósito_de_guia  
9 Indicadores_de_medición  
10 Tareas  
11 Modelo_Develop-Producción  
12 Declaraciones_de_propósitos  
13 Roles  
14 Propósito_de_artefacto  
15 Artefactos  
16 Listas_de_chequeo  
17 Fases  
18 Áreas_de_proceso  
19 Guías  
20 Descripción_de_rol  
-----
```

Fig. 14: Respuesta de la pregunta número 1 de las preguntas de competencia

Como respuesta a esta primera pregunta la ontología muestra las veinte clases que constituyen los conceptos definidos que representan las ideas básicas a través de las cuales se encuentra estructurado el modelo de desarrollo-producción UCI.

2. ¿Cuáles son los individuos de cada concepto?

```
-----  
Escriba el nombre de la clase sobre la cual desea saber sus datos  
Roles  
1 La clase: Roles tiene los siguientes individuos:  
1 Equipo_de_proyecto  
2 Revisor  
3 Dirección_del_centro  
4 Experto_funcional  
5 Arquitecto_de_proyecto  
6 Proveedor_de_requisitos  
7 Comité_de_control_de_cambios  
8 Analista  
9 Asesor_de_calidad  
10 Responsable_de_MA  
11 Observador_Independiente  
12 Equipo_de_Apoyo_al_EPG-EQAP  
13 Usuario  
14 Planificador  
15 Coordinador_de_PPQA  
16 Consultores  
17 Grupo_de_Ingeniería_de_Procesos  
18 Asesor_de_planificación_y_control_del_Centro  
19 Cliente  
20 Asesor_de_tecnología_del_Centro  
21 Alto_gerencia  
22 Administrador_de_la_calidad  
23 Administrador_de_la_configuración  
24 Grupo_de_Dirección_de_la_Mejora_de_Procesos  
25 Arquitecto_de_software  
26 Grupo_de_Especialistas_de_la_Medición  
27 Jefe_de_proyecto  
28 Arquitecto_de_información  
29 Revisor_lider  
30 Coordinador_de_MA  
31 Grupo_de_Trabajo_Técnico  
-----
```

Fig. 15: Respuesta de la pregunta número 2 de las preguntas de competencia

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

Para dar respuesta a esta pregunta, al usuario se le brinda la opción de especificar sobre cuál concepto desea saber sus individuos y la ontología muestra las instancias por la cual se encuentra poblada el concepto establecido, ejemplo de ello se muestra en la Figura 15, donde se muestran todos los roles formalizados en la ontología a partir de una petición del usuario. Este procedimiento se puede realizar para las 20 clases definidas en la ontología.

3. ¿Cómo se encuentra estructurada la relación que existe entre los conceptos?

```
1 Recursos
1 utilizado_por

2 Propósito_de_lista
3 Descripción_de_indicador
4 Propósito_de_tarea
5 Nivel_demadurez
1 Nombre

2 compuesto_por

6 Subprocesos
1 se_realizan
2 se_declaran
3 asignados_a

7 Objetivo_de_subprocesos
8 Propósito_de_guía
9 Indicadores_de_medición
1 identifican

10 Tareas
1 generan
2 determinan
```

Fig. 16: Respuesta de la pregunta número 3 de las preguntas de competencia

En respuesta a esta pregunta la ontología muestra todas sus clases y las propiedades de cada una, dichas propiedades constituyen las relaciones que existen entre los conceptos que son detallados en el diagrama de relaciones binarias.

4. ¿Cuál es el conocimiento almacenado en la propuesta ontológica a partir de la relación entre los individuos?

```
Escriba el nombre del individuo de quien desea saber sus datos
Jefe_de_proyecto
Escriba la propiedad del individuo de quien desea saber sus datos
ejecuta
1 Analizar_el_estado_del_proyecto_con_el_Cliente
2 Evaluar_y_priorizar_los_riesgos
3 Preparar_entorno_de_administración_de_requisitos
4 Definir_costos_y_beneficios_de_los_planes_de_mitigación_y_o_contingencia
5 Seguimiento_de_las_NC_a_nivel_de_proyecto
6 Monitorear_estado_de_los_riesgos_y_tareas_asignadas
7 Identificar_suposiciones_y_restricciones_del_proyecto
8 Definir_parámetros_de_riesgos_y_sus_límites
9 Planificar_y_preparar_el_entorno_de_la_iteración
10 Planear_la_gestión_de_riesgos
11 Asegurar_el_compromiso
12 Ejecutar_acciones_de_tratamiento
13 Realizar_análisis_inicial_de_los_resultados_preliminares
14 Establecer_Plan_de_capacitación
15 Almacenar_el_resultado_del_análisis
```

Fig. 17: Respuesta de la pregunta número 4 de las preguntas de competencia

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ONTOLÓGICA

Luego de conocer las propiedades de cada concepto, en esta opción se le brinda al usuario la posibilidad de especificar el individuo sobre el cual desea saber sus datos y la relación con otros individuos, esta relación debe estar en correspondencia con las propiedades establecidas del concepto con el que está asociado el individuo en cuestión. Ejemplo de ello se muestra en la figura 17, donde se desea saber las tareas que realiza el rol Jefe de proyecto, las cuales se muestran a partir de la propiedad (ejecuta). Este procedimiento se puede efectuar para los 834 individuos formalizados en la ontología, haciendo uso de las 37 propiedades creadas.

3.2 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se realizó la evaluación de la propuesta ontológica teniendo en cuenta el uso correcto del lenguaje, la exactitud de la estructura taxonómica y la adecuación a los requerimientos definidos. Se realizaron dos iteraciones de pruebas durante la determinación de la exactitud de la estructura taxonómica, encontrándose una no conformidad en una primera iteración relacionada con la consistencia en la taxonomía, siendo resuelta satisfactoriamente. Además en la ejecución de los otros criterios de evaluación se demostró que no existen errores en el lenguaje utilizado y las respuestas codificadas satisfacen a las preguntas de competencia.

CONCLUSIONES GENERALES

Conclusiones generales

Al concluir la presente investigación se obtienen resultados que dan cumplimiento satisfactorio al objetivo general planteado, teniendo en cuenta que la propuesta ontológica desarrollada, brinda una estructura donde los conocimientos referentes a las áreas de proceso del modelo desarrollo-producción UCI se encuentran organizados, lo que permite una mejor representación de los mismos. Al favorecer un mejor empleo de dichos conocimientos y un apoyo para la recuperación de los mismos; la solución propuesta puede ser reutilizable en otras empresas que quieran certificar su modelo productivo en el nivel tres o dos de madurez de CMMI. A partir de estos resultados se arriba a las siguientes conclusiones:

- ✓ La revisión bibliográfica realizada arrojó como resultado la necesidad de desarrollar una ontología a emplearse como base de conocimiento siguiendo la guía que propone la metodología *Methontology* y haciendo uso de *Protégé* como herramienta de diseño y Jena como marco de trabajo para el trabajo con el modelo persistente así como OWL como lenguaje.
- ✓ Al definir la estructura organizativa del conocimiento permitió un mayor entendimiento del dominio seleccionado, a partir de la identificación y descripción de los conceptos y sus relaciones, extraídos del proceso de mejora de las áreas de proceso del modelo de desarrollo-producción UCI.
- ✓ Con el diseño de la propuesta ontológica realizado se modeló el conocimiento presente en el dominio del modelo de desarrollo-producción UCI formalizando un total de 20 clases, 37 propiedades, 834 individuos y 4425 axiomas.
- ✓ La validación de la propuesta ontológica permitió, con la definición de varios criterios de evaluación, demostrar que la ontología posee un lenguaje sin inconsistencias ni redundancias y una taxonomía correctamente diseñada, lo que hace que cumpla con las preguntas de competencia y permita su consulta de forma satisfactoria.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- ✓ Continuar enriqueciendo la ontología con condiciones que permitan agregar valor semántico a la misma.
- ✓ Implementar un Sistema de Información que se pueda integrar con la propuesta ontológica creada y que permita consultar la información disponible en la misma, para lograr su perfeccionamiento y puesta en práctica.
- ✓ Reutilizar la propuesta ontológica en otras empresas de desarrollo de software, que se encuentren en el proceso de certificación de su proceso productivo en el nivel tres de madurez de CMMI, permitiéndole además integrarse con otras ontologías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias bibliográficas

[Barité, 2014]. Barité, M. El control de vocabulario en la era digital: revisión conceptual. *Csire*, 20(1), (2014).

[Bernaras, Laresgoiti, Corera, 1996]. Bernaras A, Laresgoiti I, Corera J. *Building and reusing ontologies for electrical network applications*. In: Wahlster W (ed) European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'96). Budapest, Hungary. John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom, (1996), págs 298–302.

[Borst, 1997]. Borst W.N. *Construction of Engineering Ontologies*. Centre for Telematica and Information Technology, University of Twente. Enschede, The Netherlands, (1997).

[Breuker, 1999]. Breuker, A. "Indexing problem solving methods for reuse". In D. Fensel and R. Studer, Editors, *Knowledge acquisition, Modelling and Management*, págs 315-332. Springer, 1999.

[Carrasco, León, Benavides, 1995]. Oscar M. Fernández Carrasco, Delba García León y Alfa Beltrán Benavides. "Un enfoque actual sobre la calidad del software". [En línea]. 1995. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/aci/vol3_3_95/aci05395.htm.

[Catarino & Baptista, 2006]. Catarino, M. E., & Baptista, A. A. Folksonomia: um novo conceito para a organização dos recursos digitais na Web. *DataGramaZero-Revista de Ciência da Informação*, 8(3), (2006).

[Centelles, 2005]. Centelles, M. Taxonomías para la categorización y la organización de la información en sitios web, (2005). [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Hipertext/article/view/57780>.

[Currás, 1991]. Currás, E. *Thesaurus: lenguajes terminológicos*. Madrid, España: Paraninfo, (1991).

[Dalhberg, 2012]. Dalhberg, K. Knowledge organization: A new science? *El profesional de la información*, 21(3), (2012), 225-227.

[García, 2005]. García Peñalvo, Francisco José. *Web Semántica y Ontologías*. 2005.

[Gruber, 1993]. Gruber T.R. *A translation approach to portable ontology specification*. *Knowledge Acquisition* 5(2), (1993), 199–220.

[Gruber, 1995]. Gruber T.R. "Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing". [En línea]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 1995, 43(4-5), págs. 907-928, [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://tomgruber.org/writing/onto-design.htm>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Guarino, 1998]. Guarino, N. Formal Ontology and Information Systems. *Proceedings of FOIS'98*, Trento, Italia, 6-8 junio 1998, págs. 3-15. Amsterdam, IOS Press.

[Hjørland, 2004]. Hjørland, B. Arguments for philosophical realism in library and information science. *Library Trends*, 52(3), (2004), págs 488-506.

[ISO 9000:2005]. International Organization for Standardization. *Sistemas de gestión de la calidad, fundamentos y vocabulario*.

[Leiva, 2009]. Leiva, A. S., JA. An Automat for the Semantic Processing of Structured Information. Paper presented at the International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, (2009).

[López-Huertas, 2008]. López-Huertas. Some Current Research Questions in the Field of Knowledge Organization. *Knowledge Organization*, 35(2), (2008), págs 113-136.

[Mizoguchi, Vanwelkenhuysen, Ikeda, 1995]. Mizoguchi, R., J. Vanwelkenhuysen y M. Ikeda. Task ontology for reuse of problem solving knowledge, en N. Mars (Ed.), *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing (KBKS'95)*, 1995, págs. 46–59. IOS Press, Amsterdam, Holanda.

[Moreiro, 2004]. Moreiro, J. El contenido de los documentos textuales: su análisis y representación mediante el lenguaje natural: Gijón: Trea, (2004).

[Moreiro, Sánchez-Cuadrado, Palacios, & Barra, 2012]. Moreiro, J., Sánchez-Cuadrado, S., Palacios, V., & Barra, E. Evaluación de software libre para la gestión de archivos administrativos. *El profesional de la información*, 20(2), (2012), págs 206-213.

[Naumis, 2007]. Naumis, C. Los tesauros documentales y su aplicación en la información impresa, digital y multimedia. Buenos Aires: Alfagrama, (2007).

[Noruzi, 2006]. Noruzi, A. The web impact factor: a critical review. *Electronic Library*, (2006). 24(4), págs. 490-500. [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.emeraldinsight.com>.

[Pedraza-Jiménez, Codina, Rovira, 2007]. Pedraza-Jiménez, R., Codina, L., & Rovira, C. Web semántica y Ontologías en el procesamiento de la información documental. *El profesional de la información*, 16(6), (2007), págs 569-578.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[**Peterson, 2007**]. Peterson, E. Beneath the Metadata: some philosophical problems with Folksonomy. *D Lib Magazine*, 12(11). (2007). [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.dlib.org/dlib/november06/peterson/11peterson.html>.

[**Probst, Raub y Romhardt, 2001**] Probst, G., Raub, S. y Romhardt, K. *Administre el conocimiento*. México: Prentice Hall. 2001. pág 24.

[**Sánchez-Jiménez & Gil-Urdiciain, 2007**]. Sánchez-Jiménez, R., & Gil-Urdiciain, B. Lenguajes documentales y Ontologías. *El Profesional de la Información*, 16(6), (2007), págs 551-560.

[**Swartout, Ramesh, Knight, Russ, 1997**]. Swartout B, Ramesh P, Knight K, Russ T. *Toward Distributed Use of LargeScale Ontologies*. In: Farquhar A, Gruninger M, Gómez-Pérez A, Uschold M, van der Vet P (eds) *AAAI'97 Spring Symposium on Ontological Engineering*. Stanford University, California, (1997), págs 138–148.

[**Torres, 2007**]. Torres Soler, Luis Carlos. *Inteligencia Artificial. Conceptos básicos*. Colombia, 2007, pág 29.

[**Urdiciain, 1998**]. Urdiciain, B. G. Evaluación semántica y estructural de tesauros. *Revista general de información y documentación*, 8(2), (1998), pág 193.

[**Van Heijst, Schreiber, Wielinga, 1997**]. Van Heijst, G., A. Schreiber y W. Wielinga. *Using explicit ontologies in KBS development*. *International Journal of Human-Computer Studies*. 45: págs. 183-292. 1997.

[**Vizcaya Alonso, 1997**]. Vizcaya Alonso, D. *Información: procesamiento de contenido*. La Habana, (1997).

[**Weingand, 1997**]. Weingand, H. "Multilingual Ontology-Based Lexicon for News Filtering –The TREVI Project". En K. Mahesh (1997), págs 138-159.

[**W3C, 2004**]. "W3C- World Wide Web Consortium". [En línea]. [Consultado el 26 de enero de 2016] Disponible en: <<http://www.w3.org>>.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] Quesada Guerra, Mayra. "La calidad en el servicio empresarial a partir del criterio de diferentes autores nacionales e internacionales". [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/marketing/calidad-en-el-servicio-alcliente.htm>.
- [2] Colectivo de Autores. Mejores prácticas para el establecimiento y aseguramiento de la Calidad de Software. [En línea]. 2008. [Consultado el 25 de enero de 2016] Disponible en: <http://www.eumed.net/libros/2008a/351/351.zip>.
- [3] Colectivo de autores. Ontologías en los sistemas de información/ conocimiento. [En línea]. 2008. [Consultado el 26 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.ing.unp.edu.ar/wicc2007/trabajos/ISBD/095.pdf>.
- [4] Contreras, Jesús y Martínez Comeche, Juan Antonio. "Tutorial Ontologías." [En línea]. [Consultado el 27 de enero de 2016]. Disponible en: http://www.sedic.es/gt_normalizacion_tutorial_ontologías.pdf.
- [5] Padrón Marín, Yisel y Montero Álvarez, Leonel. Desarrollo de una ontología para el proceso de pruebas de software del Grupo de Calidad del Centro FORTES. Tesis de Pregrado, Universidad de las Ciencias Informáticas, Ciudad de La Habana: s.n., 2011.
- [6] de la Torre Muñoz, Anaidy. Desarrollo de una Ontología en apoyo a las áreas de procesos del nivel 2 de madurez del modelo de calidad CMMI. Tesis de Pregrado, Universidad de las Ciencias Informáticas, Ciudad de La Habana: s.n., 2013.
- [7] Horridge, Matthew. "**A Practical Guide To Building OWL Ontologies**: Using Protégé 4 and CO ODE Tools." [En línea]. Edition 1.3. The University Of Manchester, 2011. [Consultado el 28 de enero de 2016]. Disponible en: http://owl.cs.manchester.ac.uk/tutorials/protegeowltutorial/resources/ProtegeOWLTutorialP4_v1_3.pdf.
- [8] Echeverría Pérez, Delvis. Desarrollo de una ontología de apoyo al procedimiento del Departamento de Pruebas de Software. Tesis de Maestría, Universidad de las Ciencias Informáticas, Ciudad de La Habana: s.n., 2011.
- [9] Fernández Hernández, Anisleiby. Modelo Ontológico de recuperación de información para la toma de decisiones en Gestión de Proyectos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Facultad de comunicación y documentación, Granada, 2015.

BIBLIOGRAFÍA

- [10] Carrión Delgado, María de Gracia. Diseño y desarrollo de un modelo computacional para la representación del conocimiento en el dominio de la cooperación judicial en materia penal. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2012.
- [11] Aguilar López, Dulce María. Búsqueda Web basada en ontologías de dominio. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Cd. Victoria, Tamaulipas, México, 2008.
- [12] Guzmán Luna, Jaime Alberto, López Bonilla, Mauricio, Durley Torres, Ingrid. Metodologías y métodos para la construcción de ontologías. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2012.
- [13] Ramos, E., Núñez, H. y Casañas, R. (2009). Esquemas para evaluar ontologías únicas para un dominio de conocimiento. Enl@ce: Revista Venezolana de Información, tecnología y conocimiento, 6(1), 57-71.
- [14] Jena Semantic Web Framework. [En línea]. [Consultado el 26 de Enero de 2016]. Disponible en Web: <http://jena.sourceforge.net/>
- [15] Visual Paradigm. Ecured. [En línea]. [Consultado el 27 de enero de 2016] Publicado en: <http://www.ecured.cu/index.php/Visual_Paradigm>.
- [16] Eclipse. [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.eclipse.org/>
- [17] Rational Rose. Ecured. [En línea]. [Consultado el 27 de enero de 2016] Publicado en: <http://www.ecured.cu/index.php/Rational_Rose>.
- [18] Netbeans. [En línea]. [Consultado el 27 de enero de 2016]. Disponible en Web: <http://www.netbeans.org>.
- [19] Chrissis, Mary Beth, Mike, Konrad y Shrum, Sandy. "CMMI. Guía para la integración de procesos y la mejora de productos." Editorial Universitaria Ramón Arece 2010.
- [20] Abad, D. U. "Ontologías. Inteligencia Artificial". FBI-UPC, 2004. [En línea]. [Consultado el 29 de octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/cuacua/3-rc2-ontologias-2>.
- [21] Abad, D. U. Arte Digital: noción e implementación. Una mirada específica al contexto aragonés. AACADigital: Revista de la Asociación Aragonesa de Críticos de Arte, 7(1), (2009).
- [22] Arpírez. Julio C, Corcho. Oscar, Fernández-López. Mariano, and Gómez-Pérez. Asunción. Webode: a scalable workbench for ontological engineering. In K-CAP '01: Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture, pages 6– 13, New York, NY, USA, 2001. ACM.

BIBLIOGRAFÍA

- [23] Bechhofer. Sean, Van-Harmelen. Frank, Hendler. Jim, Horrocks. Ian, McGuinness. Deborah, Paterl-Schneider. Peter, and Stein. Lynn. OWL Web ontology language. Reference: W3C Recommendation. [En línea], 2004. [Consultado el 29 de octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/owlref/>.
- [24] Broughton, V. Faceted Classification as the Basis of a Faceted Terminology: Conversion of a classified structure to thesaurus format in the Bliss Bibliographic Classification. *Axiomathes*, 18(2), (2008), pages 193-210.
- [25] Domingue John. Tadzebao and WebOnto: Discussing, browsing, and editing ontologies on the web. In *Proceedings of KAW'98. Eleventh Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management*, Banff, Canada, April 1998.
- [26] Domingue John, Motta Enrico, and García Oscar. Knowledge modelling in WebOnto and OCML: A user guide. G. Fischer and J. Ostwald (2001). *Knowledge Management: Problems, Promises, Realities, and Challenges*, IEEE Intelligent Systems, 16(1): pages 60–72.
- [27] Fensel. Dieter, Horrocks. Ian, Van Harmelen. Frank, Decker. Stefan, Erdmann. Michael, and Klein. Michel. OIL in a nutshell. In *EKAW '00: Proceedings of the 12th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management*, pages 1–16, London, UK, 2000. Springer-Verlag.
- [28] Fernández-López M, Gómez-Pérez A y Juristo N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. *Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI*. Stanford University, California, pages 33-40, 1997.
- [29] Genesereth, Mike. Knowledge Interchange Format, technical report. Technical report, Computer Science Department, Stanford University, 1992.
- [30] Gennari. John H, Musen. Mark A, Ferguson. Ray W, Grosso. William E, Crubezy. Monica, Eriksson. Henrik, Noy. Natalya F, and Tu. Samson W. The evolution of Protégé: An environment for knowledge-based systems development. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(1): pages 89–123, 2003.
- [31] Grüninger, M. y M. Fox. Methodology for the design and evaluation of ontologies, en D. Skuce (ed) *IJCAI 95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*, pages. 6.1-6.10, 1995.
- [32] Hjørland, B. Introduction to the Special Issue: Library and information science and the philosophy of science. *Journal of Documentation*, (2005). 61(1), pages 5-10. [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lxh&AN=16540413&site=ehost-live>.

BIBLIOGRAFÍA

- [33] Horrocks, Ian. DAML+OIL: a reasonable Web ontology language. In Proceedings of Extending Database Technology 2002, pages 2–13, London, UK, Springer.
- [34] Kalinichenko. Leonid, Missikoff. Michele, Schiappelli. Federica, and Skvortsov. Nikolay. Ontological modeling. In Proceedings of the Fifth Russian Conference on Digital Libraries RCDL'2003, pages 7–13, St. Petersburg, Russia, 2003.
- [35] Kaon Tool. [En línea]. [Consultado el 25 de Enero de 2016]. Disponible en Web: <http://kaon.semanticweb.org/>.
- [36] Kifer. Michael, Lausen. Georg, and Wu. James. Logical foundations of object oriented and frame based languages. J. ACM, 42(4): pages 741–843, 1995.
- [37] Lenat, D.B. y Guha, R.V. "Building large knowledge-based systems: Representation and Inference in the Cyc Projec." s.l.: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1990. Boston, Massachusetts.
- [38] Robert M. MacGregor. Retrospective on Loom. University of Southern California, (1999). [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.isi.edu/isd/LOOM/papers/MacGregor/LoomRetrospective.html>.
- [39] Martínez, R., & García-Beltrán, A. Breve historia de la informática. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, (2000).
- [40] Noy, N. F., & Klein, M. Ontology evolution: Not the same as schema evolution. Knowledge and information systems, 6(4), (2004), pages 428-440.
- [41] Priss, U., A. Semiotic-Conceptual Framework for Knowledge Representation. Knowledge Organization and the Global Information Society, (2004) pages 91-96. [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.upriss.org.uk/papers/isko04final.pdf>.
- [42] Samper Zapater, José Javier. Ontologías para Servicios Web Semánticos de Información de Tráfico: Descripción y Herramientas de Explotación. (5 de Julio de 2005). . [En línea]. [Consultado el 25 de enero de 2016]. Disponible en: http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UV/AVAILABLE/TDX-0628106085805//SAMPER.pdf.
- [43] Shearer. R, Motik. B, and Horrocks. I. Hermit: a HighlyEfficient OWL Reasoner. In 5th OWL Experienced and Directions Workshop, 2008.
- [44] Sirin. E, Parsia. B, Grau. B, Kalyanpur. A, and Katz. Y. Pellet: A practical OWL-DL reasoner. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 5(2): pages 51–53, June 2007.

BIBLIOGRAFÍA

- [45] Sure. York, Erdmann. Michael, Angele. Juergen, Staab. Steffen, Studer. Rudi, and Wenke. Dirk. OntoEdit: Collaborative ontology engineering for the semantic Web. In Proceedings of the 1st International Semantic Web Conference (ISWC'02), volume 2342, pages 221–235, Berlin, 2002. Springer.
- [46] Tálamo, M. Linguagem documentária. São Paulo: APB, (1997).
- [47] Tsarkov. D and Horrocks. I. FaCT++ Description Logic Reasoner: System Description. In Third International Joint Conference on Automated Reasoning, pages 292–297. Springer, 2006.
- [48] Uschold, M y King, M. “Towards a Methodology for Building Ontologies”, en D. Skuce (Ed.), IJCAI '95. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. Montreal, Canadá, 1995, pages. 6.1-6.10.
- [49] Valdés, M. D. L. M. F., & Ponjúan, G. Análisis conceptual de las principales interacciones entre la gestión de información, la gestión documental y la gestión del conocimiento. Acimed, 18(1), 7.

ANEXOS

Anexos

Anexo 1: Descripción de axiomas formales

Nombre Axioma	Descripción	Expresión	Conceptos	Relación	Variables
Axioma Modelo desarrollo-producción	Todo Modelo desarrollo-producción posee un Nivel de madurez y se encuentra estructurado por Fases.	$\forall(X)$ (Modelo desarrollo-producción (X), Nivel de madurez (Y), Fases (Z) \rightarrow posee (X, Y) \wedge estructurado por (X, Z))	-Fases -Modelo desarrollo-producción -Nivel de madurez	-posee - estructurado por	X Y Z
Axioma Fases	Existen fases que requieren de todos los Áreas de proceso.	$\exists(x)$ (Fases (x), Áreas de proceso (y) \rightarrow requiere de (x, y))	-Fases -Áreas de proceso	-requiere de	X Y
Axioma Nivel	Todo Nivel de madurez está compuesto por varias Áreas de proceso.	$\forall(X, Y)$ (Nivel de madurez(X), Áreas de proceso (Y) \rightarrow compuesto por (X, Y))	-Áreas de proceso -Nivel de madurez	-compuesto por	X Y
Axioma Áreas de proceso	Existen Áreas de proceso que tienen relación entre otras Áreas de proceso, además definen Declaraciones de propósitos, utilizan Recursos, propone Listas de chequeo, aplica Indicadores de medición, establece Guías,	$\exists(x)$ (Áreas de proceso(X), Declaraciones de propósitos(Y), Recursos(Z), Listas de chequeo(W), Indicadores de medición(L), Guías(M), Roles(N), Subprocesos(P) \rightarrow relación entre(X,X) \wedge define(X,Y) \wedge utiliza(X,Z) \wedge propone(X,W) \wedge aplica(X,L) \wedge establece(X,M) \wedge involucra(X,N) \wedge reúne(X,P))	-Áreas de proceso - Declaraciones de propósitos -Recursos -Listas de chequeo -Indicadores de medición -Guías -Roles	-relación entre -define -utiliza -propone -aplica -establece -involucra -reúne	X Y Z W L M N P

ANEXOS

	involucra varios Roles y reúne Subprocesos.		-Subprocesos		
Axioma Lista de chequeo	Existen Listas de chequeo que tienen Propósito de listas de chequeo.	$\exists(x)$ (Listas de chequeo(X), Propósito de listas de chequeo (Y) \rightarrow tiene(X, Y))	-Listas de chequeo -Propósito de listas de chequeo	-tiene	X Y
Axioma Indicadores de medición	Existen Indicadores de medición que tienen Descripción de Indicador de medición.	$\exists(x)$ (Indicadores de medición (X), Descripción de Indicador de medición (Y) \rightarrow tiene(X, Y))	- Indicadores de medición - Descripción de Indicador de medición	-tiene	X Y
Axioma Guías	Existen Guías que tienen Propósito de guías.	$\exists(x)$ (Guías (X), Propósito de guías (Y) \rightarrow tiene(X, Y))	-Propósito de guías	-tiene	X Y
Axioma Roles	Existen Roles que utilizan Guías, además contiene Descripción de Rol, es responsable de Artefactos, ejecuta Tareas y tiene funciones en varios Subprocesos.	$\exists(x)$ (Roles (X), Guías (Y), Descripción de Rol (Z), Artefactos (W), Tareas (L), Subprocesos (P) \rightarrow utiliza(X, Y) \wedge contiene(X, Z), responsable de (X, W) \wedge ejecuta(X, L) \wedge tiene funciones en(X,P))	- Guías -Roles -Subprocesos -Tareas -Artefactos - Descripción de Rol	-utiliza -contiene -responsable de -propone -ejecuta -tiene funciones en	X Y Z W L P
Axioma Subprocesos	Todo Subproceso realiza Tarea y contiene Objetivos de Subproceso.	$\forall(X, Y, Z)$ (Subproceso(X), Tareas (Y), Objetivos de Subproceso (Z) \rightarrow realiza(X, Y) \wedge contiene(X, Z))	-Subproceso -Objetivos de Subproceso Tareas	-realiza -contiene	X Y Z
Axioma Tareas	Toda Tarea genera Artefactos, además especifica Entradas de Tareas y Propósito de Tareas.	$\forall(X, Y, Z, W)$ (Tarea(X), Artefacto (Y), Entrada de Tareas (Z), Propósito de Tareas \rightarrow genera (X, Y) \wedge especifica(X, Z) \wedge	-Artefacto -Tarea -Entrada de Tareas -Propósito de	-genera -especifica	X Y Z W

ANEXOS

		especifica(X, W))	Tareas		
Axiomas Artefacto	Todo Artefacto tiene Propósito de Artefacto	$\forall(X, Y, Z)$ (Artefacto(X), Propósito de Artefacto (Y)) \rightarrow tiene propósito (X, Y)	-Artefacto -Propósito de Artefacto -	-tiene propósito	X Y Z

Anexo 2: Entrevista a especialistas del Centro de Calidad UCI

Estimado (a) compañero (a): La presente entrevista tiene como objetivo determinar la problemática existente con respecto a la representación y organización del conocimiento de las áreas de proceso del modelo de desarrollo-producción UCI, a partir del análisis de su respuesta, posibilitando definir la propuesta a desarrollar para dar solución a dicho problema.

Contamos con su sinceridad. Muchas gracias por su colaboración.

Seleccione con una X la respuesta a las siguientes preguntas y argumente en caso de que considere necesario:

Interrogantes	Respuestas	
La definición de los procesos de mejora de las áreas de proceso del nivel tres de madurez de CMMI se realiza de manera	Manual	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
	Automática	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
	Semi-automática	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
¿Se realiza la representación y organización del conocimiento de las áreas de proceso del nivel tres de madurez de CMMI?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
¿Los conocimientos referentes a las áreas de proceso del nivel tres de madurez de CMMI se encuentran estructuradas y organizadas?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	

Anexo 3: Encuesta de satisfacción de los especialistas de la Dirección de Calidad UCI

ANEXOS

Estimado (a) compañero (a): La presente encuesta tiene como objetivo determinar su grado de satisfacción con respecto a la propuesta ontológica desarrollada, a través de un conjunto de preguntas que permiten medir la factibilidad de dicha propuesta. Contamos con su sinceridad.

Valore el grado de aceptación de la propuesta ontológica teniendo en cuenta la siguiente escala: Muy Adecuado (C1); Bastante Adecuado (C2); Adecuado (C3); Poco Adecuado (C4) y No adecuado (C5).

Preguntas	Criterios de especialistas				
	C1	C2	C3	C4	C5
¿Considera entendible la información?					
¿Considera útil la información referente a las áreas de proceso?					
¿Es fiable la información que ofrece la ontología?					
¿Se abarca totalmente el dominio deseado?					
¿Considera de utilidad para el proceso productivo UCI?					
Siguiendo las pautas del programa de mejoras, ¿qué nivel de utilidad le encuentra a la ontología?					
¿Cómo considera la ortografía, redacción, estructura y concordancia de la información?					