

Capítulo 4. Ontologías y su representación jerárquica.

En la interpretación de alto nivel de información visual, se tienen muchos progresos en la derivación de características de bajo nivel a partir de píxeles y representaciones de imágenes basadas en regiones. Dichas regiones son definidas como partes conectadas de una imagen y comparten un conjunto de propiedades. El término segmentación es el proceso de encontrar un conjunto de regiones no traslapadas en base a características de la imagen (color, forma y textura), para encontrar regiones donde existan mayores variaciones entre regiones vecinas que en una región individual [75].

Debido a que cada objeto abarca un número de regiones y cada región puede contener varios objetos, existen la segmentación de regiones y la segmentación de objetos. La segmentación de regiones es definida por un predicado en particular y un algoritmo de segmentación. Las características de bajo nivel como los bordes, generalmente no son suficientes para la segmentación de objetos, debido a que los contornos de los objetos son reconocidos por los humanos, basándose en prioridades del lenguaje en cuanto a la semántica del nivel del objeto y la integración de contexto. La representación de imágenes digitales basada en contenido, se puede presentar en forma jerárquica, con niveles más altos de abstracción capturen su interpretación semántica [87].

Las ontologías definen los términos básicos y las relaciones que comprenden el vocabulario de un tema de alguna área, las reglas para combinar los términos y las relaciones para definir extensiones al vocabulario, es decir, define entidades, clases, propiedades predicados y relaciones entre estos componentes. Debido a que la ontología es un sistema de representación del conocimiento que resulta de la selección de un ámbito o dominio de conocimiento, las ontologías se pueden organizar en estructuras jerárquicas, las cuales se pueden considerar como una de las mejores formas para representar el conocimiento [76].

4.1 Definición de ontología.

La palabra Ontología se deriva del griego *ontos* (estudio del ser) y *logos* (palabra). Filosóficamente, Ontología es la ciencia de *qué es*, es una explicación sistemática de la Existencia, de los tipos de estructuras, categorías de objetos, propiedades, eventos, procesos y relaciones en cada área de la realidad [75].

Una ontología es una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida [76]. Una conceptualización es una vista simplificada y abstracta del mundo que deseamos representar para algún propósito en específico, definiendo un vocabulario controlado. Explícita significa que el tipo de conceptos utilizados sean explícitamente definidos, esto es que si también

pueden describir otros conceptos del mismo tipo, se definan detalladamente. Formal se refiere al hecho de que la ontología debe ser legible por la máquina, esto decir, que se almacene en un formato digital. Compartido refleja la noción de que la ontología no es restringida solo para un individuo, sino que es aceptada por un grupo de personas [89].

Algunas definiciones de ontología en el campo de la Inteligencia Artificial:

- Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización, es decir proporciona una estructura y contenidos de forma explícita, que codifica las reglas implícitas de una parte de la realidad, independientemente del fin y del dominio de la aplicación en el que se usarán o reutilizarán sus definiciones.
- Una ontología define el vocabulario de un área mediante un conjunto de términos básicos y relaciones entre dichos términos, así como las reglas que combinan términos y relaciones y que amplían las definiciones dadas en el vocabulario.

El término ontología se refiere al intento de formular un esquema conceptual exhaustivo y riguroso en un dominio dado, facilitando la comunicación y compartición de información entre diferentes sistemas. Esto hace la diferencia con el significado filosófico de la palabra Ontología [93].

Utilizando estas técnicas semánticas, se adquiere la posibilidad de hacer los recursos accesibles de acuerdo a su contenido semántico. Estos conceptos semánticos se utilizan para describir un entorno, con una serie de conceptos atómicos existentes asociados a éste, de forma estructurada jerárquicamente y que se utiliza como esqueleto fundamental para una base de conocimiento.

El uso de ontologías permite el tratamiento ponderado del conocimiento, sirviendo como herramienta para recuperar información de una manera automatizada.

4.2 Características y tipos de ontologías

Las ontologías pueden ser consideradas como repositorios de información ligada a hechos particulares, a través de la cual se da una interpretación particular a los datos. El conocimiento de una ontología puede ser verdadero, codificado en una ontología, ó deducido, que significa que se deriva por alguna forma de razonamiento.

4.2.1 Características representativas de las ontologías

Algunas de las características más representativas de las ontologías se mencionan [76]:

- **Ontologías múltiples:** El propósito de una ontología es hacer explícito algún punto de vista, por lo tanto, a veces será conveniente combinar dos o más ontologías. Cada ontología va a introducir conceptualizaciones específicas.
- **Distintos niveles de abstracción de las ontologías:** Estos niveles de generalización o abstracción nos dan una topología de ontologías. La idea es caracterizar una red de ontologías con el uso de multiplicidad y abstracción. Puesto que no podemos aspirar a tener una descripción completa del mundo, se puede pensar en una estrategia de construcción gradual de abajo hacia arriba.
- **Multiplicidad de la representación:** Un concepto puede ser representado de muchas formas, por lo que pueden coexistir múltiples representaciones de un mismo concepto.
- **Mapeo de ontologías:** Establecer relaciones entre los elementos de una o más ontologías, para establecer conexiones, especializaciones, generalizaciones, etc.

4.2.2 Propiedades que deben cumplir las ontologías

Algunas propiedades que deben cumplir las ontologías [75]:

- **Claridad:** Para comunicar el significado intencionado de los términos definidos.
- **Coherencia:** Para sancionar inferencias que son consistentes con las definiciones.
- **Extensibilidad:** Para anticipar el uso de vocabulario compartido.
- **Sesgo de codificación mínimo (Minimal encoding bias):** Debe de especificar al nivel de conocimiento sin depender de una codificación particular a nivel de símbolo.
- **Mínimo compromiso ontológico:** debe de hacer la menor cantidad de "pretensiones" acerca del mundo modelado.

4.2.3 Clasificación en cuanto al ámbito de conocimiento.

Existen 4 tipos de ontologías en función de su alcance y posibilidad de aplicación [75]:

- **Ontología de la aplicación:** usadas por la aplicación. Por ejemplo, *ontología de procesos de producción, de diagnóstico de fallas, de diseño intermedio de barcos, etc.*
- **Ontología del dominio:** específicas para un tipo de artefacto, generalizaciones sobre tareas específicas en algún dominio concreto del conocimiento. Por ejemplo, *ontología del proceso de producción.*
- **Ontologías técnicas básicas:** describen características generales de artefactos. Por ejemplo: *componentes, procesos y funciones.*

- **Ontologías genéricas:** describe la categoría de más alto nivel, describiendo conceptos generales (como *tiempo, espacio, objeto, etc.*).

Otras posibles clasificaciones de las ontologías son: en función de su punto de vista, por ejemplo: físico, de comportamiento, funcional, estructural, topológico, etc.

Según el grado o nivel de abstracción y razonamiento lógico que permitan, por ejemplo: ontologías descriptivas, que incluyen taxonomías de conceptos, relaciones entre conceptos pero no permiten inferencias lógicas y ontologías lógicas.

Las que permiten inferencias lógicas mediante la utilización de una serie de componentes como la inclusión de axiomas, etc.

4.2.4 Diseño de Ontologías.

Las ontologías pueden ser utilizadas como herramienta en la ciencia computacional, su mayor uso se ve más explícito en el campo de la Inteligencia Artificial y disciplinas tales como la robótica e ingeniería del conocimiento. Las técnicas de programación orientadas a objetos están siendo más comunes, debido a que su representación en términos de clases, atributos de las clases, objetos y la jerarquía de la herencia de clases, ha influido a un número de lenguajes y esquemas que se utilizan para la representación de conocimiento digital. Ontología es la teoría de objetos en términos de criterios, que nos permiten distinguir entre diferentes tipos de objetos y sus relaciones, dependencias y propiedades [76].

4.2.4.1 Elementos básicos de una ontología.

La ontología define modelos base que tendrán la definición semántica representando a una clase de objetos en la ontología. En la ontología se definen un conjunto de términos representativos llamados conceptos. Las ontologías dependientes de dominio proveen conceptos en un dominio específico, que se enfoca en el conocimiento en un área limitada; las ontologías genéricas proveen conceptos en un dominio en específico, enfocado al conocimiento de un área limitada [88].

En una ontología, los conceptos son las unidades fundamentales para la especificación. Proveen una base para la descripción de información. Cada concepto consta de 3 componentes básicos: *términos, atributos y relaciones*. Los términos son los nombres utilizados para referirse a un concepto específico que puede incluir un conjunto de sinónimos que especifican los mismos conceptos. Los atributos son las características de un concepto y describen el concepto a más detalle. Las relaciones se utilizan para representar correspondencias entre diferentes conceptos y para proveer una estructura general a la ontología.

Cada concepto define una clase que es una representación para una agrupación conceptual de términos similares. Por ejemplo, una computadora podría ser representada como una clase, que tiene muchas subclases como son computadoras personales, mainframes, workstations, etc.

Las ontologías están formadas de los siguientes componentes que servirán para representar el conocimiento de algún dominio en específico [89].

- **Conceptos:** que son las ideas básicas que intentan formalizar, estos conceptos pueden ser clases de objetos, métodos, planes, estrategias, procesos de razonamiento, etc.
- **Relaciones:** que representan la interacción y el enlace entre los conceptos del dominio. Suelen formar la taxonomía del dominio. Por ejemplo: subclase-de, parte-de, etc.
- **Funciones:** que son un tipo concreto de relación, donde se identifica un elemento mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de la ontología. Por ejemplo, categorizar-clase, etc.
- **Instancias:** utilizadas para representar objetos determinados de un concepto.
- **Axiomas:** que son teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología. Por ejemplo: “*Si X y Y son de la clase Z, entonces X no es subclase de Y*” o “*Para todo X que cumpla con la condición **Cond1**, A es B*”, etc.

Las ontologías se pueden ver como un conjunto de conceptos-definiciones, estos conceptos pueden ser ordenados en jerarquías de taxonomías y tener propiedades asociadas.

En un sentido de manejo de conocimiento, las ontologías aportando una herramienta para la representación de la semántica de la información y automatización del proceso de recuperación; son el vehículo para la representación e intercambio del conocimiento en diferentes niveles de granularidad de diferentes dominios.

El uso de ontologías en esta tesis es ofrecer una herramienta que simplifique y ayude a la recuperación e indexación de imágenes basándose en las características de la forma del objeto contenido. Al relacionar palabras con una imagen, se pueden obtener mejores resultados, porque las ontologías ayudarán a que la computadora procese la información tal como el usuario la percibe. Se debe hacer notar que ninguna imagen puede ser absolutamente descrita, ya que las personas tenemos una cierta intensión o enfoque al describir el contenido de una imagen, por lo que se le asigna un significado intencional [88].

La ontología codifica la estructura relacional de conceptos, utilizada para describir aspectos del mundo. En el proceso de creación de una ontología, se hace uso de conocimiento previo almacenado en una ontología para la indexación y solución a problemas de búsquedas. La anotación basada en ontologías es relativamente nueva, pero que ha mostrado ser de gran utilidad [76].

4.2.4.2 Pasos para la creación de una ontología

Al crear una ontología, se hace explícita la categorización de elementos y relaciones que intervienen en un modelo de conocimiento. Por un lado el modelo de conocimiento se puede editar y gestionar, por otro lado, se puede transmitir de manera que un sistema “entienda” la conceptualización que se ha utilizado en otro. Este hecho se ha citado fundamental, al convertir el proceso de creación de escenarios educativos en una labor de ingeniería más que en una labor artesana, además de proporcionar un conocimiento del dominio reusable y mantenible [77].

La utilidad de una ontología se puede medir en la capacidad de permitir a los sistemas, hacer referencias a otros componentes de conocimiento definidos, siempre que ambos compartan la misma conceptualización. Una ontología compartida solo necesita describir un vocabulario común para hablar sobre un dominio.

A continuación se citan algunos de los pasos especificados en [78], para la creación de una ontología:

1. Definir el dominio y alcance de la ontología. Esto es definir el dominio que cubrirá la ontología, definir el uso la aplicación final de dicha ontología, definir a que tipo de preguntas responderá la ontología, recolectar la información necesaria, etc.
2. Considerar el reuso de ontologías, en caso de poder aplicarse se recolectan términos y características de ontologías comunes ya existentes.
3. Enumerar términos importantes en la ontología. Definir una lista de los términos que se quieren almacenar en la ontología, así como de sus propiedades y las relaciones que existen entre ellos.
4. Definir las clases y la jerarquía de clases. Esto es definir la estructura conceptual del dominio, siguiendo el método top-down, primero se crean las clases para los conceptos generales en el dominio y su especialización subsiguiente.
5. Definir las propiedades de las clases. Las clases por sí solas no proveen suficiente información para responder a las peticiones, una vez definidas las clases se deben definir la estructura interna de los conceptos.
6. Creación de instancias. Creación de instancias de clases individuales en la jerarquía.

Las ontologías generalmente se usan para: Anotar términos, búsqueda basada en vista, dar semántica a las relaciones. La ontología ayuda al usuario a formular consultas de forma correcta.

4.2.5 Relaciones que se presentan en una ontología

La ontología, como se ha mencionado anteriormente define un conjunto de clases, relaciones, funciones y constantes para un determinado dominio, además introduce axiomas para restringir la interpretación de estos elementos. Las relaciones que se establecen entre los elementos del dominio son aquellas que clasifican las entidades del dominio en base a relaciones como: *Es-un*, *Instancia-de* y *Parte-de*.

La relación *Instancia-de*, es una membresía entre conceptos. *Parte-de* muestra relaciones de composición. La relación *Es-un*, muestra la propiedad de inclusión, utilizada en las ontologías para encontrar la similitud a la hora de la comparación. Cuando un concepto tiene una relación *Es-un* hacia otro concepto, significa que el segundo concepto es más general que el primer concepto.

Una ontología no sólo sirve para hacer anotaciones y precisar la recuperación de la información, también ayuda al usuario a especificar información correcta y necesaria para generar el Query correspondiente. La mayor dificultad que podrían presentar las ontologías es el trabajo extra que se necesita, para su creación y anotación detallada. Pero a cambio se obtiene una mejor recuperación de información [83].

4.3 Creación de la ontológica para el modelo de recuperación de imágenes

Para ellos seguimos algunos pasos descritos en la sección 4.2.4.2 [78].

- **Paso 1.** Primero se define el dominio al cual se enfocará. Se decidió definir varios dominios, cada uno define una clasificación con un número, considerado pequeño, de categorías. Así, el primer dominio fue el de Construcciones, otro dominio que también se definió fue el de Transportes, el dominio de Naturaleza, Muebles y Figuras de Polígonos. Se definieron pocos dominios para evaluar diferentes pruebas de recuperación de imágenes.
- **Paso 2.** El reuso de ontologías no aplica, ya que esta estructura solo se definió para probar los fines de éste trabajo, la recuperación de imágenes basándose en la ontología definida para dominios determinados.
- **Paso 3.** El dominio de Construcciones, se clasificó en Iglesias y Ruinas, las Iglesias a su vez se clasificaron en Barrocas, Góticas y Románticas. Para el dominio de Transportes, las clasificaciones que se definieron fueron Carros, Motocicletas y Camiones. En el dominio de Naturaleza se encuentran Flores, Animales, Árboles y Frutas. En Animales se distinguen Aves, Insectos, Mamíferos y Peces, en Insectos se encuentran Arañas y Mariposas y en Mamíferos se definieron Tigres y Elefantes. El dominio de Polígonos se clasificó en

Regulares e Irregulares, en Regulares se distinguen Triángulos, Cuadrados, Pentágonos y como caso especial Circunferencias. En Irregular existen Rectángulos y Trapecios. Para el dominio de Muebles se definieron Sillas, Mesas y Libreros. Los diferentes conceptos se eligieron, debido a que en cada dominio puede ser definido por formas que son diferentes y representativas.

- **Paso 4.** Para definir las clases y la jerarquía de clases, se utilizaron los conceptos que se definieron en el Paso 3. A continuación se presenta la jerarquía de clases de los conceptos, mediante una estructura de árbol definida en la Figura 4.1.
- **Paso 5.** Las propiedades de cada clase las determina la estructura jerárquica, esto es, las subclases o categorías más internas son más específicas, en una consulta por sí solas, pueden recuperar las imágenes ya que se encuentran en el último nivel, el cual contiene las instancias de la ontología. Para una consulta más general, de las clases principales (Construcción, Naturaleza, Mueble, etc. ver Figura 4.1), se unen las instancias que contienen subclases que pertenecen a su respectiva clase. Por lo tanto existen instancias que pertenecen a varias clases generales, pero sólo a una subclase de nivel más interno.

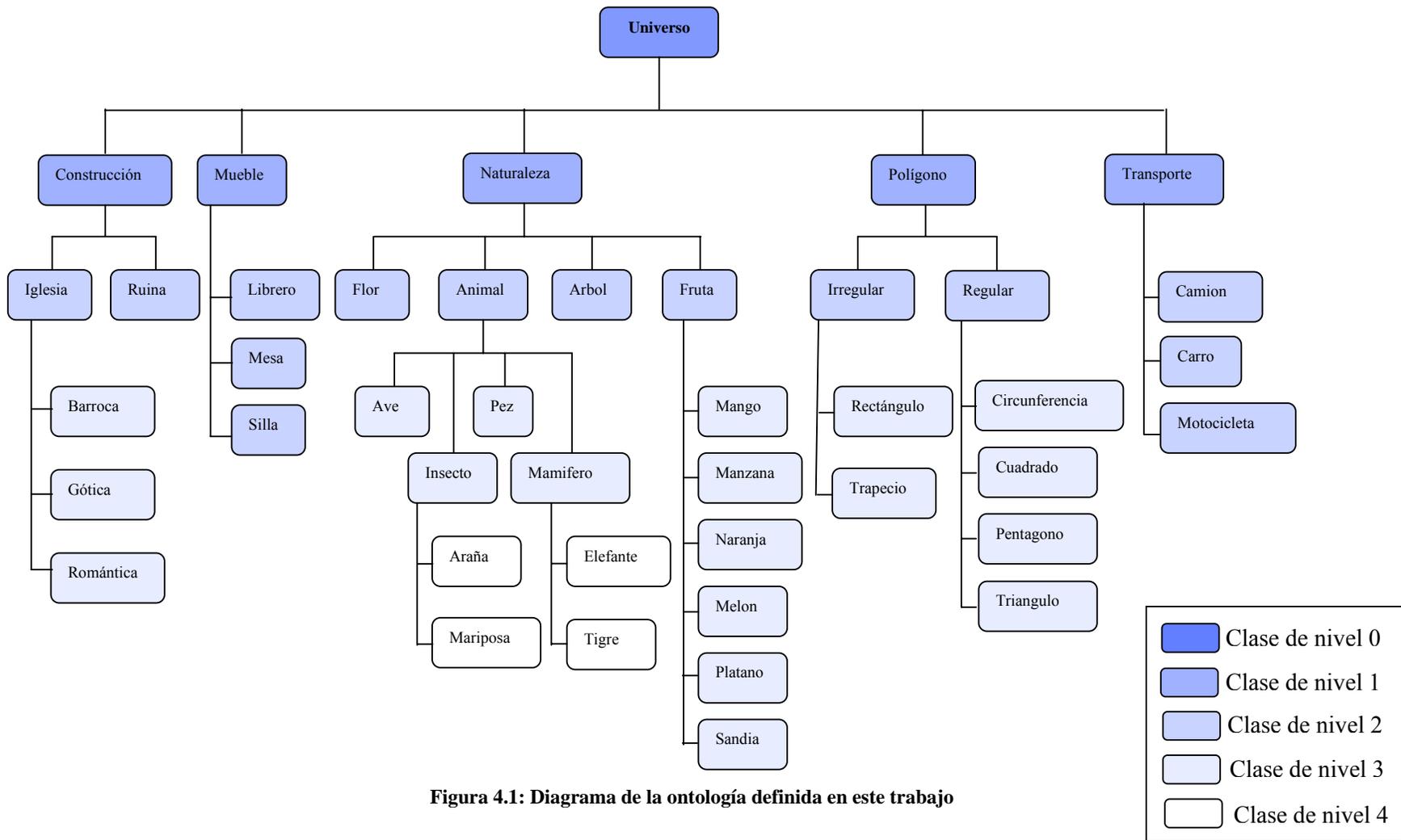


Figura 4.1: Diagrama de la ontología definida en este trabajo

A continuación se muestran algunas de las instancias de dos clases de nivel más externo, conformadas por todas las instancias de sus respectivas subclases más internas. Las instancias son archivos *.bmp cuyo nombre no tiene ningún significado, se trabaja con su forma y su color, que serán sus atributos (características). En el Capítulo 5 se explica más a detalle el uso de estas instancias.

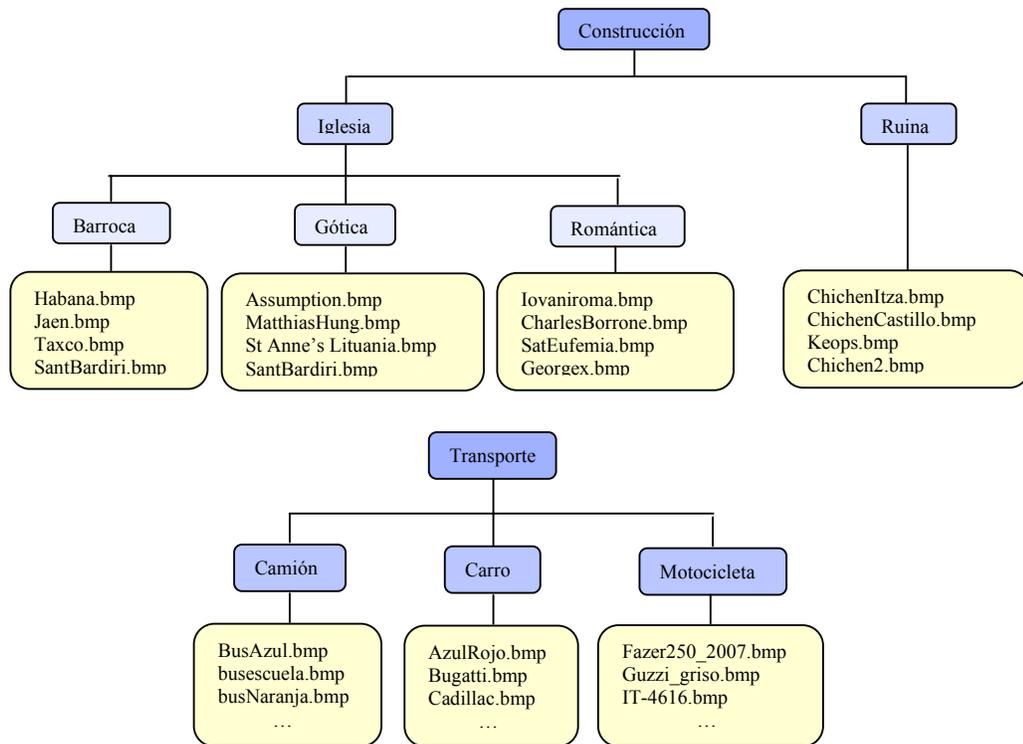


Figura 4.2: Instancias pertenecientes a las clases generales Construcciones y Transportes.

El proceso para la recuperación de semántica, se define en el diagrama de bloques de la Figura 4.3. Con la definición anterior de la estructura y los dominios de la ontología, se muestra el proceso de recuperación de semántica. En una consulta por imagen, se extraen los vectores de características de color y de forma (como se explicará en el Capítulo 5), como se ve en la Figura 4.3, posteriormente se hace la correspondencia con vectores clasificados en la ontología para retornar la descripción asignada.

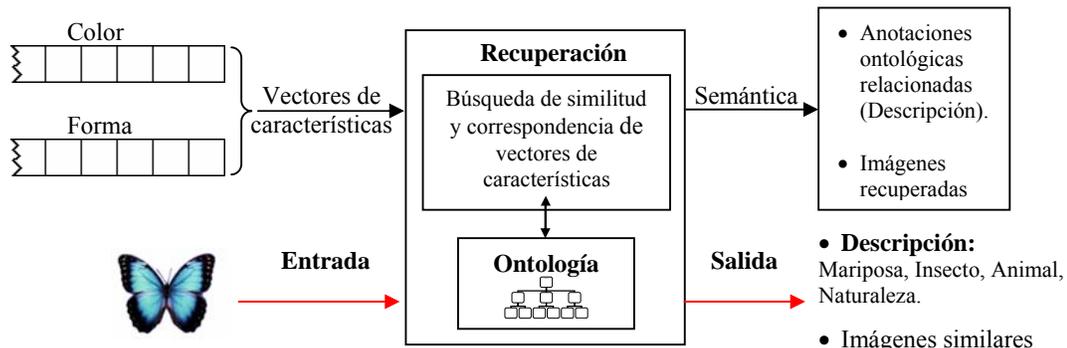


Figura 4.3: Diagrama de bloques del proceso para la recuperación de semántica

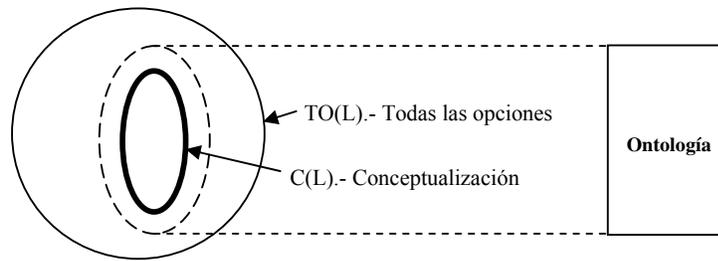


Figura 4.4: $C(L)$ es la conceptualización del lenguaje L , de acuerdo con la consulta, es un subconjunto del conjunto $TO(L)$ que son todas las opciones de consulta del lenguaje L .

En la Figura 4.4, L es el lenguaje que está formado por el vocabulario ontológico. $C(L)$ es la conceptualización del lenguaje L , en sí, representa al conjunto de clases de imágenes que satisfacen una consulta del usuario. $TO(L)$ es el conjunto de todas las posibles opciones de consulta para el lenguaje L . $C(L)$ es un subconjunto del conjunto de todas las opciones que se tienen, $C(L) \subset TO(L)$ [90].

4.3.1 Axiomas definidos

En la mayoría de los casos, los axiomas de una ontología solo expresan relaciones de inclusión (*es-un*) entre predicados unarios. Una detallada axiomatización es requerida si se desean excluir interpretaciones no deseadas. Los axiomas permiten, junto con la herencia de conceptos, inferir conocimiento que no esté indicado explícitamente en la taxonomía de conceptos [94].

A continuación se definen algunos axiomas generales para las clases y cada nivel de sus subclases de la ontología que se definió anteriormente en Figura 4.1.

1. Existe solamente una clase de nivel 0, la cual no se deriva de ninguna clase.
2. Si una clase X de nivel n pertenece a una clase de nivel $n-1$, entonces las clases de nivel $n+1$ derivadas de la clase X , también pertenecen a la clase de nivel $n-1$, de la que se deriva X .
3. Las clases de un mismo nivel n , que pertenecen a una misma clase X de nivel $n-1$, no se intersectan entre sí.
4. Toda clase X es idéntica a sí misma.
5. Una clase X de nivel n , pertenecen solamente a una clase Y de nivel $n-1$.

4.4 Representación jerárquica de niveles conceptuales de información visual

La semántica de una imagen describe el significado de la misma. La asignación de semántica se puede realizar por medio de anotaciones, las cuales tratan de describir el contenido de la imagen, tan completo como sea posible. La anotación semántica requiere algún

entendimiento del significado semántico en las imágenes, las consultas de recuperación y la estandarización de representación de imágenes.

La información importante que se requiere para interpretar el contenido de una imagen, comúnmente no es representada por a través de un simple píxel, sino por los objetos o regiones de la imagen y las relaciones que existan entre ellos [91].

4.4.1 Semántica a partir de una imagen

La Figura 4.5 muestra la representación de una imagen, desde diferentes niveles de abstracción. Primero se identifican características, estas características se utilizan para agrupar píxeles en regiones, posteriormente, se reconocen cuales regiones contienen o son parte de objetos y finalmente se asigna la semántica a la imagen. Este proceso también puede darse de forma descendente, iniciando con la semántica que restringe el dominio de interés y usando estas restricciones se buscan objetos y características [92].

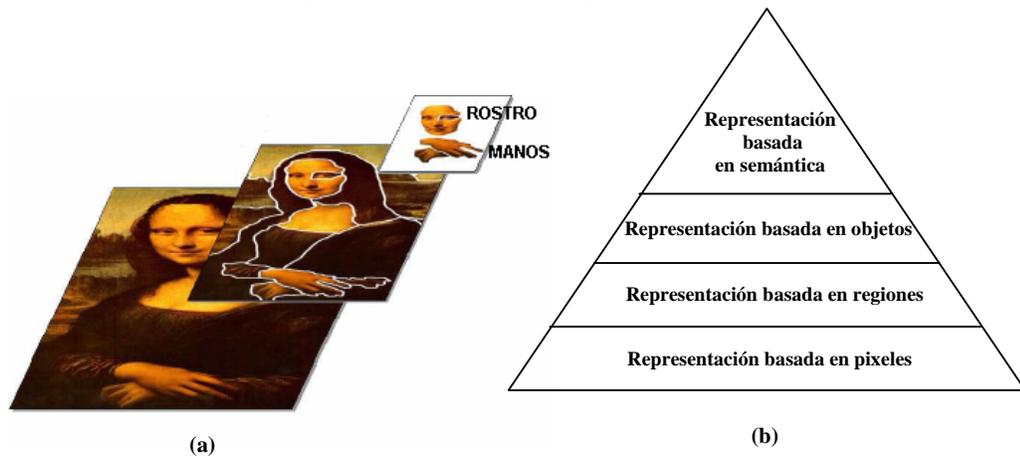


Figura 4.5: Niveles de abstracción para formar semántica. (a) Representación de semántica en una imagen. (b) Niveles de representación de una imagen.

Algunos tipos de datos recolectados en sistemas de recuperación visual, se refieren a contenido semántico. También llamado metadato descriptivo de contenido. Estos a su vez son afectados por relaciones de entidades, en las imágenes con que contienen entidades del mundo real o eventos temporales, emociones y significado asociado con señales visuales y escenas. La semántica corresponde a abstracciones, como objetos, roles y escenas que a su vez pueden definir impresiones, emociones y significado que se asocie con la combinación de características perceptuales. Estos tipos de datos son definidos como características de alto nivel [92].

Existen varios tipos de semántica que pueden representar a las imágenes, a continuación se mencionan algunos.

La semántica puede definir si se trata de una *foto* o de *gráficos* creados por herramientas de computadora; si la escena es de un interior de *edificio* o *casa*, etc. o es al *aire libre*; si la

imagen es de una *ciudad* o se trata de algún *paisaje*; en la detección de rostros, para reconocer que tipo de rostro y a que persona específica se refiere; definir si la imagen digital *contiene* o *no gente*, etc.

4.5 Conclusiones.

En este capítulo se estudiaron algunas propiedades, elementos básicos, relaciones, características y clasificaciones de los tipos de ontologías según su posibilidad de aplicación y según su nivel de abstracción. Se mencionaron brevemente los seis pasos para crear una ontología así como la representación semántica que se obtiene de una imagen.

Básicamente, el rol de las ontologías es facilitar la construcción de un modelo de dominio el cual nos va a proveer un vocabulario de términos y relaciones con las cuales se puede modelar el dominio. El uso de ontologías provee una estructura apropiada para solucionar muchos problemas de visión por computadora, que requieren conocimiento anticipado para ser modelados de forma descriptiva y prescriptiva.

Debido a todas las ventajas que presenta el uso de una ontología, éste trabajo se basa en el uso de una estructura ontológica la cual facilite la clasificación semántica de los dominios de las imágenes y con ello, añadir esta ventaja a la recuperación de imágenes.

La estructura ontológica se definió y diseñó anteriormente en este capítulo, siguiendo los pasos para su creación que se mencionan en la bibliografía.

A partir de los dominios restringidos definidos, se hará la recuperación de semántica, considerando los componentes básicos de la ontología.