

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: Soluciones Informáticas

Recibido: 15/07/2019 | Aceptado: 20/09/2019 | Publicado: 22/09/2019

## **Una ontología para representar el modelo multidimensional y las asociaciones entre sus elementos**

### *An ontology to represent the multidimensional model and the association between its elements*

Guillermo Manuel Negrín Ortiz<sup>1\*</sup>, Julio César Díaz Vera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Informática. Facultad 3. Universidad de Ciencias Informáticas. Carretera de San Antonio Km 2½.  
[gmnegrin@uci.cu](mailto:gmnegrin@uci.cu)

<sup>2</sup>Departamento de Informática. Facultad 3. Universidad de Ciencias Informáticas. Carretera de San Antonio Km 2½.  
[jcdiaz@uci.cu](mailto:jcdiaz@uci.cu)

\* Autor para correspondencia: [gmnegrin@uci.cu](mailto:gmnegrin@uci.cu)

---

#### **Resumen**

La extracción de conocimiento de bases de datos es un área cuyo interés crece cada día por parte de la comunidad científica. Uno de los elementos que todavía dificulta poder comprender los modelos de una manera más completa ya ce en el hecho de que es complicado para las computadoras representar un dominio de conocimiento de la manera en la que se relacionan los objetos en la vida real. Se propone un mecanismo para representar de manera integrada la estructura de un cubo de datos, el conocimiento del dominio y las relaciones entre sus elementos que pueda ser interpretado tanto por usuarios humanos como tecnológicos. Lo anterior se realiza valorando su aplicación a la inteligencia de negocios. Se abordan los conceptos fundamentales de almacenes de datos, haciendo énfasis en el modelo multidimensional y su estructura. Se describen las reglas de asociación como resultado del proceso de minería de datos y se explica el problema que representa su extracción y la redundancia. Se introducen elementos de conocimiento previo para analizar su efecto en la redundancia de las reglas de asociación y definir la forma en que se representa este. Se definen una ontología “core” y puntos de extensión para construir modelos de dominio a partir de información disponible en cubos de datos.

**Palabras clave:** ontología; almacén de datos; minería de reglas de asociación; reglas de asociación;

### **Abstract**

*Knowledge extraction from databases is an area that has drawn attention from the scientific community. One of the elements that still affects the comprehension of the models is related to the fact that a computer to represent and understand a domain the way objects are related in real life. A mechanism to represent and integrate a data cube structure is proposed, the domain knowledge and the relationships between their elements in order to be understood by human and technological users. It is carried out assessing its application to business intelligence. Some important concepts are referred such as Data Warehouse, focusing on the multidimensional model and its structure. Association Rules are described as a part of data mining process and is commented the problem of extracting them and its redundancy. Some previous knowledge elements are introduced to analyze its effect in association rule redundancy and to define a way to represent it. A “core” ontology is defined along with extension points to build domain models from information contained in data cubes.*

**Keywords:** *ontology; data warehouse; association rule mining; association rules*

---

## **Introducción**

Los almacenes de datos son sistemas que se utilizan como soporte a la toma de decisiones y también contribuyen a trazar los objetivos de la organización y su planeación estratégica. Se ha prestado especial interés a la integración de estas herramientas con la inteligencia artificial y dentro de esta con la minería de datos, para extraer conocimientos, en forma de patrones que pueda ser utilizado por los directivos de la organización en el proceso de toma de decisiones y establecer fortalezas organizacionales.

En el conocimiento extraído a través de la minería, se utiliza un tipo de lógica para proveer una semántica formal de cómo las funciones de razonamiento se aplican a las entidades del dominio. Las reglas de asociación cumplen este propósito al representar de manera sencilla e intuitiva para el usuario la relación entre los distintos elementos, estableciendo que, si aparece un valor A, entonces aparece un valor B.

La relación entre las reglas se extrae del almacén haciendo uso de un algoritmo de extracción que encuentran una cantidad muy grande de reglas debido al tamaño total de los datos y no pueden ser interpretadas por los especialistas humanos con facilidad, lo cual limita su utilización en la toma de decisiones.

Una de las propuestas que puede mitigar este problema, es la integración del conocimiento previo del dominio dentro del proceso de generación de reglas, en variantes de minado con restricciones que utilizan las expectativas del usuario final para limitar el espacio de búsqueda, ya sea generalizando algunas de las reglas para que sean más comprensibles o eliminando reglas que no parezcan significativas al usuario.

De esta forma es factible establecer relaciones a partir del conocimiento que posee un experto que simplifiquen las reglas resultantes o limiten su cantidad. El uso de ontologías puede contribuir de manera directa a este propósito. Se trata, en esencia, de crear un lenguaje para representar las entidades y relaciones que existen en el almacén

integrándolas con el conocimiento del experto. El mecanismo que es entendido por una computadora, donde los conceptos se representen como entidades y sus relaciones puedan ser extendidas y compartidas, constituye la ontología.

El propósito de este trabajo es establecer que los algoritmos de extracción de reglas de asociación, obtienen un gran número de estas y para ello se plantea introducir conocimiento que tiene un experto para mitigar este problema. Se revisan los conceptos fundamentales y se describe la forma en que se usa la ontología y su papel como elemento integrador, finalmente se presentan las transformaciones del almacén de datos para representar un dominio de conocimiento usando el lenguaje OWL.

## **Materiales y métodos o Metodología computacional**

### 1. Almacén de datos

Bill Inmon define un almacén de datos como: una colección de datos orientados al tema, integrados, temporales, y no-volátiles para la toma de decisiones. [1, 2][Definición 1]

Esta herramienta integra datos de distintas fuentes que se guardan como copias del estado del sistema en momentos determinados constituyendo un registro histórico del comportamiento de la empresa. Solo se efectúan operaciones de consulta e inserción y no de eliminación ni de actualización, por lo tanto, esta estructura deja de ser un conjunto para convertirse en una colección ya que pueden encontrarse varias repeticiones de los registros en el mismo momento.

Como objetivo ulterior tienen resumir y centralizar información para que sea de fácil acceso a los directivos de la empresa.

### 2. Modelo Multidimensional

El diseño lógico de los almacenes de datos utiliza el modelo multidimensional que está compuesto por una tabla central llamada tabla de hechos, relacionada con otras tablas llamadas dimensiones.

En este modelo hay un conjunto de hechos o medidas que son el objeto de análisis: ventas, presupuestos, inventario, entre otros. La mayoría de los hechos más útiles son numéricos, continuamente valuados y aditivos, debido a que las consultas a la tabla de hechos, necesitan a su vez, consultas de cientos, miles o incluso millones de registros para construir el conjunto respuesta. [3]

Se considera útil el modelo multidimensional como uno de los elementos para la representación de un almacén de datos.

En este modelo “cada medida de análisis depende de un conjunto de Dimensiones, que proporcionan el contexto. En un espacio multidimensional para designar un punto son necesarias todas sus coordenadas. Esto es lo que ocurre en el modelo, ya que al indicar un valor para cada dimensión se sitúa un hecho concreto dentro del espacio formado. [3]

Las definiciones de cada uno de estos elementos se presentan a continuación:

#### Dimensión

Las dimensiones establecen el contexto del análisis sobre los hechos. Para acceder a los hechos a diferentes niveles de detalle  $l_i$ , se pueden definir jerarquías sobre las dimensiones, estableciendo los niveles de granularidad posibles. Cada uno de estos niveles es un conjunto de nombres o etiquetas que definen subconjuntos de elementos de los niveles inferiores que agrupan. [3]

Una dimensión sobre el dominio es una tupla  $d = (l, \leq_d, l_\perp, l_\top)$  donde  $l = \{l_1, \dots, l_n\}$  tal que cada  $l_i$  es un conjunto  $l_i = \{c_{i1}, \dots, c_{im}\}$  tal que  $l_i \cap l_j = \emptyset$  si  $i \neq j$ ,  $\leq_d$  es una relación de orden parcial tal que  $l_i \leq_d l_k$  si  $\forall c_{ij} \in l_i \Rightarrow \exists c_{kp} \in l_k / c_{ij} \subseteq c_{kp}$ .  $l_\perp$  y  $l_\top$  son dos elementos de  $l$  tal que  $\forall l_i \in l$   $l_i \leq_d l_\perp$  y  $l_i \leq_d l_\top$ . [3] [Definición 2]

#### Hecho

Las variables del dominio que se analiza, definen los hechos del DataCubo. Las dimensiones aportan la contextualización de estas variables, localizando cada hecho dentro del espacio que definen. Cada uno de estos hechos es una agrupación de variables (una tupla). [3]

Considerando un conjunto de atributos  $A_1, \dots, A_n$  con dominios  $D_1, \dots, D_n$ , se denomina hecho a cualquier  $h = (x_1, \dots, x_n)$  tal que  $x_i \in D_i \forall i = 1, \dots, n$ , es decir, cualquier n-tupla definida sobre los dominios de los atributos que interesa estudiar. [3] [Definición 3]

#### DataCubo

Un DataCubo es una tupla  $C = (D, l_b, F, H, A)$  tal que  $D = (d_1, \dots, d_n)$  es un conjunto de dimensiones,  $l_b = (l_{1b}, \dots, l_{nb})$  un conjunto de niveles tal que  $l_{ib}$  pertenece a  $d_i$ ,  $F = R \cup \emptyset$  donde  $R$  es el conjunto de hechos y  $\emptyset$  un símbolo especial,  $H$  es un objeto de tipo historia, y  $A$  es una aplicación definida como  $A: l_{1b} \times \dots \times l_{nb} \rightarrow F$ , que para cada conjunto de valores de las dimensiones devuelve el hecho relacionado con estas coordenadas. [3] [Definición 4]

Un DataCubo está formado por las estructuras antes definidas. Así pues, tiene un componente que representa los hechos a analizar. Otro de los elementos que se utilizan al definir un DataCubo son las dimensiones que caracterizan a

estos hechos. En este caso son un conjunto ordenado de dimensiones. Además, se tiene en cuenta a qué nivel de cada dimensión se definen los hechos y una aplicación que diga para cada coordenada que definen los valores de estos niveles, el hecho relacionado. [3].

A consideración del autor dimensión, hecho y DataCubo son conceptos relevantes dentro del modelo multidimensional y que contribuyen a la representación del almacén de datos.

### 3. Reglas de asociación

Reglas de asociación son las relaciones entre variables [10] que se utilizan para descubrir hechos que ocurren en común dentro de una determinada colección de datos, en este caso, el DataCubo. Este proceso se lleva a cabo como parte de la minería de datos la cual busca extraer información no explícita sobre grandes volúmenes de datos a través de un algoritmo de extracción.

El autor Agrawal define regla de asociación como:

“Sea  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$  un conjunto de literales y  $D$  un conjunto de transacciones definidas sobre  $I$ . Una regla de asociación es una implicación de la forma  $X \rightarrow Y$ , donde  $X \subset I, Y \subset I$  y  $X \cap Y = \emptyset$ .” [4] [Definición 5]

### 4. Ontología

En los almacenes de datos en general, el problema de la extracción de reglas de asociación [5], [6] se dificulta ya que se dispone de datos en varias dimensiones y se pueden obtener un mayor número de reglas. El post-procesamiento de las reglas para eliminar reglas redundantes o para buscar las más significativas también aumenta de dificultad. Por tanto, se presenta un problema de gran complejidad, pero, a la vez, de gran importancia. [3]

Un enfoque que se emplea para reducir la cantidad y complejidad del conjunto de reglas obtenido por el algoritmo de extracción, es usar conocimiento del dominio que posee un experto. La ventaja de hacerlo es que ninguna máquina puede acumular las experiencias del negocio que posee una persona. Escribir estas experiencias en forma de reglas de asociación, permite reducir las reglas obtenidas por el algoritmo de extracción ya sea podándolas o generalizándolas. Esto se realiza con el objetivo de que el conjunto de reglas que se muestre al usuario final, sea lo más reducido posible y no redundante.

Con el fin de integrar toda esta información junto con los metadatos del almacén es necesario utilizar alguna estructura o artefacto (se usa este término porque debe ser entendido por una computadora), donde están contenidas un conjunto de relaciones que expresan las asociaciones entre las distintas clases del dominio a tratar. [2, 7-14]

El artefacto seleccionado para este propósito es una ontología, que Studer define como “una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida”. [15] [Definición 6]

Por conceptualización se entiende un modelo abstracto de algún fenómeno, identificando sus conceptos relevantes. Especificación explícita significa que el tipo de conceptos y las restricciones usadas están explícitamente definidas. Formal alude a que debe ser entendido por la computadora y compartida sugiere que la ontología captura conocimiento que no es privativo para algunos individuos sino aceptado por un grupo. [8, 16]

Las entidades y relaciones que se representan corresponden con las del modelo multidimensional y se usan extensiones de los conceptos de este modelo para describir el dominio de datos, aportado por el almacén y que sea entendido por una computadora.

Según su dependencia y relación con una tarea específica, Guarino clasifica las ontologías en [13, 16]:

- Ontologías “core”, de Alto nivel o Genéricas describen conceptos más generales.
- Ontologías de Dominio describen un vocabulario relacionado con un dominio genérico.
- Ontologías de Tareas o Técnicas básicas describen una tarea, actividad o artefacto, por ejemplo, componentes, procesos o funciones.
- Ontologías de Aplicación describen conceptos que dependen tanto de un dominio específico como de una tarea específica, y generalmente son una especialización de ambas.

Se utiliza una ontología “core” y una ontología de dominio porque la primera de ellas, como es más general, permite modelar los conceptos del modelo multidimensional y se utiliza la segunda para instanciar estos conceptos como un dominio a través de los datos contenidos en el almacén.

### **Ontología del modelo multidimensional**

La ontología que se propone en este trabajo incluye una representación para cada uno de los cinco elementos establecidos en la [Definición 4] exceptuando el objeto de tipo historia que se refiere a las transformaciones por las que ha pasado el almacén y por lo tanto no se considera relevante. Además, se agrega un tipo de relación que no corresponde con ninguno de los anteriores elementos, pero se utiliza para representar el conocimiento que posee un experto del negocio, el cual se considera relevante y de esta manera enriquecer la ontología. Con estos elementos se crea una ontología “core” o de propósito general para expresar los conceptos y relaciones contenidos en el modelo multidimensional y modelar la información perteneciente a un dominio, dada por el tema a que esté orientado el cubo de datos [12], con una ontología de dominio a través de puntos de extensión. De esta forma se pueden representar los

conceptos y relaciones presentes en un dominio específico describiéndolos como especializaciones de los elementos del modelo multidimensional.

Se define la estructura formal basada en los conceptos: Cubo, Dimensión, Elemento de dimensión, Hecho, Medida y Operador de agregación. Todos estos elementos agrupados en la Ontología del modelo multidimensional permiten crear un marco de trabajo estructural para representar y organizar ontologías de dominio específico a partir de estos puntos de extensión.

## Resultados y discusión

Para describir las relaciones entre los elementos que se presentan en la ontología se muestra la Figura 1:

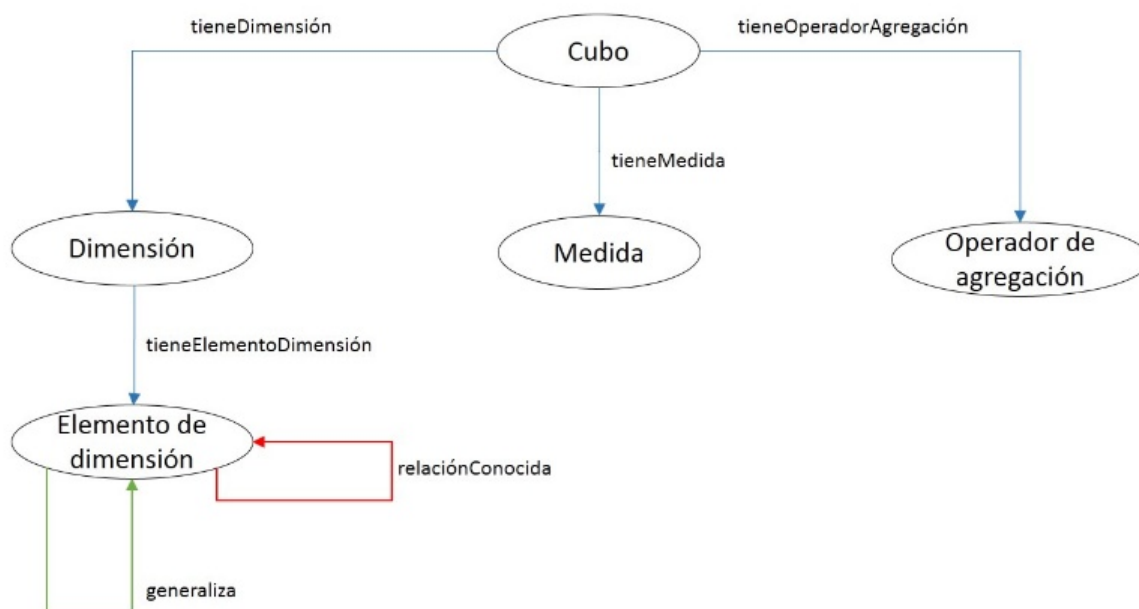


Figura 1. Relación entre los elementos de la ontología “core” del modelo multidimensional

En la Figura 1 se declaran los conceptos correspondientes a la ontología de propósito general o “core” que contiene los elementos genéricos pertenecientes al cubo de datos. El concepto Cubo es la entidad padre y contiene a las demás. En el segundo nivel se tiene en la izquierda a Dimensión, Medida y OperadorAgregación unida a Cubo a través de la propiedad “tieneDimensión”, “tieneMedida” y “tieneOperadorAgregación” respectivamente. En el nivel inferior se encuentra el concepto ElementoDimensión unido a Dimensión por la propiedad “tieneElementoDimensión”. Entre los

elementos de dimensión pueden existir también dos relaciones, una de ellas es la propiedad “generaliza” que se utiliza para reflejar las relaciones jerárquicas entre los elementos de una dimensión. La otra asociación que se puede presentar es “tieneRelaciónConocida” que no tiene correspondiente en el modelo multidimensional, pero es la que se emplea para expresar el conocimiento que posee el experto del dominio y de esta forma enriquecer la ontología. La información del dominio se obtiene a partir de introducir los conceptos del dominio a tratar en la ontología como extensiones de los conceptos del almacén de datos, o sea, la información del dominio se expresa a través de especificaciones de las entidades y relaciones del almacén.

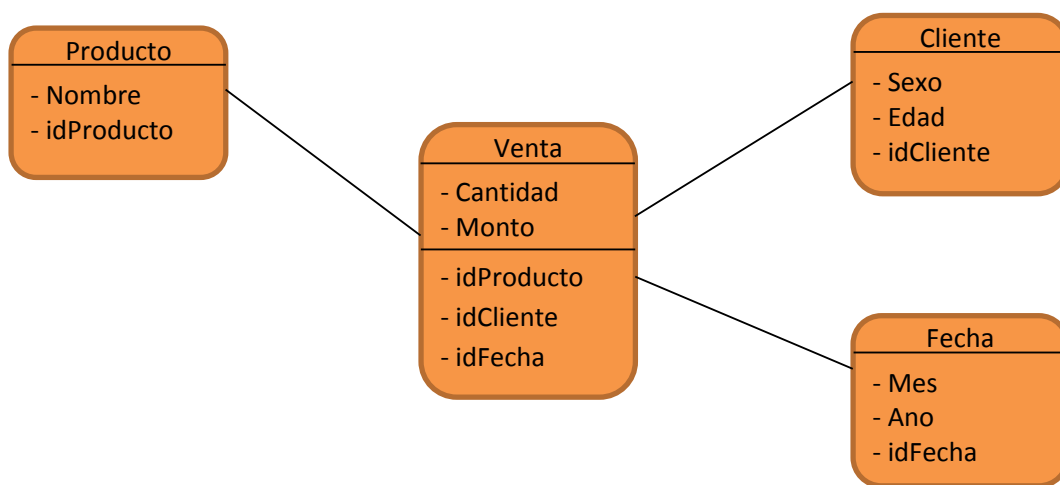


Figure 2. Modelo multidimensional para el almacén de datos de las ventas en una tienda (VentasEncanto)

En la Figura 3 se ilustran los conceptos de un dominio, determinado por el modelo del almacén de la Figura 2, a través de una ontología de dominio.



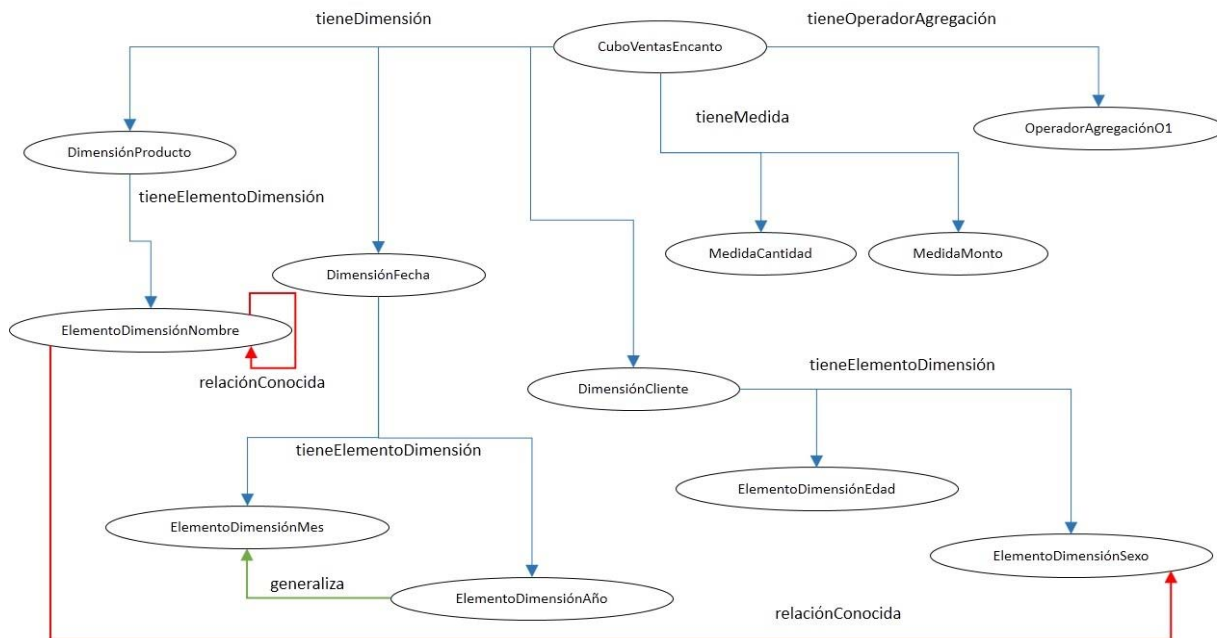


Figure 3. Relación entre los elementos de la ontología del dominio VentasEncanto

Se decide emplear, para codificar las transformaciones, el lenguaje de ontologías OWL2. [17]

### Transformaciones al lenguaje OWL2

La declaración de la entidad Cubo representa el concepto cubo de datos que contiene los elementos presentados en la Figura 1, se muestra a continuación:

```
<Declaration>
<Class IRI='#Cube_VentasEncanto' tag='VentasEncanto' />
</Declaration>
```

Para el concepto dimensión se realiza de manera similar, primero declarando la entidad de propósito general, como se muestra a continuación:

```
<Declaration>
<Class IRI='#Dimension' />
</Declaration>
```

En un segundo momento se hace extender este concepto para representar la entidad del dominio, en este caso la dimensión Producto:

```
<Declaration>  
<Class IRI='#Dimension_Producto' tag='Producto'/>  
</Declaration>
```

En este punto se utiliza el mecanismo de extensión para explicitar la pertenencia de la entidad anterior al cubo de datos:

```
<SubClassOf>  
<Class IRI='#Dimension_Producto' tag='Producto'/>  
<Class IRI='#Dimension'/>  
</SubClassOf>
```

De manera similar se hace para el elemento de dimensión, primero la entidad genérica y a continuación la específica, en este caso el elemento Sexo de la dimensión Cliente:

```
<Declaration>  
<Class IRI='#DimensionElement'/>  
</Declaration>
```

```
<Declaration>  
<Class IRI='#DimensionElement_Sexo_Cliente' tag='Sexo'/>  
</Declaration>
```

Igualmente, en este caso es necesario establecer el punto de extensión:

```
<SubClassOf>  
<Class IRI='#DimensionElement_Sexo_Cliente' tag='Sexo'/>  
<Class IRI='#DimensionElement'/>  
</SubClassOf>
```

Los individuos en el lenguaje de ontologías representan los valores que puede tomar una entidad, y en este caso para representar los valores que tiene cada elemento de dimensión:

```
<Declaration>  
<NamedIndividual IRI='#Female_Sexo_Cliente' tag='Female'/>  
</Declaration>
```

Después de declarado este individuo se pasa escribir la aserción que lo vincula con la clase a que pertenece. Esta se codifica en OWL2 de la forma siguiente:

```
<ClassAssertion>  
<Class IRI='#DimensionElement_Sexo_Persona' tag='Sexo'/>  
<NamedIndividual IRI='#Female_Sexo_Persona' tag='Female'/>  
</ClassAssertion>
```

Relación “tieneDimensión”:

La declaración de las relaciones tiene cuatro elementos importantes, el primero es la propia declaración, el segundo su punto de extensión, el tercero su dominio (que expresa el conjunto de partida) y el rango (que expresa el conjunto de llegada). Estos elementos se codifican de la manera siguiente:

```
<Declaration>  
<ObjectProperty IRI='#hasDimension'/>  
</Declaration>
```

Primero la relación general y luego la especialización de esta relación para lograr su extensión a las relaciones del dominio:

```
<Declaration>  
<ObjectProperty IRI='#VentasEncanto_hasDimension_Cliente'/>  
</Declaration>
```

A continuación, el mecanismo de extensión:

```
<SubObjectPropertyOf>  
<ObjectProperty IRI='#VentasEncanto_hasDimension_Cliente'/>
```

```
<ObjectProperty IRI='#hasDimension'/>  
</SubObjectPropertyOf>
```

Finalmente, el dominio y el rango de la propiedad:

```
<ObjectPropertyDomain>  
<ObjectProperty IRI='#VentasEncanto_hasDimension_Cliente'/>  
<Class IRI='#Cube_VentasEncanto'/>  
</ObjectPropertyDomain>
```

```
<ObjectPropertyRange>  
<ObjectProperty IRI='#VentasEncanto_hasDimension_Cliente'/>  
<Class IRI='#Dimension_Cliente' tag='Cliente'/>  
</ObjectPropertyRange>
```

Por último, se presenta la relación “tieneRelaciónConocida”, esta es la más importante de las asociaciones entre elementos pues es la que permite a los expertos del negocio introducir el conocimiento previo que poseen para enriquecer el dominio.

La declaración de esta relación se realiza de la misma manera que las precedentes:

```
<Declaration>  
<ObjectProperty IRI='#hasKnownRelation'/>  
</Declaration>
```

La especialización de esta relación puede involucrar tanto a elementos de dimensión como individuos, por lo que se presta especial interés al dominio y al rango para obtener la semántica correcta y deseada. Se declara como se presenta a continuación:

```
<Declaration>  
<ObjectProperty IRI='#Pan_Nombre_Producto_hasKnownRelation_Leche_Nombre_Producto'/>  
</Declaration>
```

En este caso, el experto establece que de la dimensión Producto, el elemento Nombre con el individuo Pan tiene una relación que se conoce con la dimensión Producto en su elemento de dimensión Nombre y su individuo Leche. Para describir con más claridad esta relación, el experto quiere expresar que generalmente al hacer una venta en la que esté involucrado el producto de nombre Pan también lo está el producto de nombre Leche.

Después se declara el mecanismo de extensión en OWL2 de la manera siguiente:

```
<SubObjectPropertyOf>  
<ObjectProperty IRI='#Pan_Nombre_Producto_hasKnownRelation_Leche_Nombre_Producto'/>  
<ObjectProperty IRI='#hasKnownRelation'/>  
</SubObjectPropertyOf>
```

A continuación, se define el Dominio de la propiedad “tieneRelaciónConocida”. En esta definición intervienen dos elementos, para los ejemplos anteriores se han usado dos individuos, por lo tanto, en este caso también se usan y se escribe de la forma siguiente:

```
<ObjectPropertyDomain>  
<ObjectProperty IRI='#Pan_Nombre_Producto_hasKnownRelation_Leche_Nombre_Producto'/>  
<NamedIndividual IRI='#Pan_Nombre_Producto' tag='Pan'/>  
</ObjectPropertyDomain>
```

A continuación, se define el Rango. Esta definición es similar a la del dominio y se escribe del modo siguiente:

```
<ObjectPropertyRange>  
<ObjectProperty IRI='#Pan_Nombre_Producto_hasKnownRelation_Leche_Nombre_Producto'/>  
<NamedIndividual IRI='#Leche_Nombre_Producto' tag='Leche'/>  
</ObjectPropertyRange>
```

## Conclusiones

En este artículo se estableció un modelo teórico para la representación de asociaciones en el modelo multidimensional, seleccionándose los elementos esenciales que lo componen para asociarle una representación ontológica, igualmente se determinó un mecanismo para la representación ontológica del conocimiento previo sobre asociaciones de elementos en cubos de datos. Al reunir todos estos elementos se definió una ontología “core” para la representación del modelo multidimensional y un mecanismo para obtener la representación ontológica de un cubo de

datos. Esto se realiza con el propósito de introducir el conocimiento previo que tiene el experto, expresado como asociaciones del modelo multidimensional para reducir la cantidad y aumentar la calidad del conjunto de reglas de asociación obtenido por un algoritmo de extracción que se presentan al usuario para la toma de decisiones.

## Referencias

- [1] Inmon W. H. and Hackathorn R. D., "Using the Data Warehouse," 1994.
- [2] BRAHMI H., "Ontology Enhanced Mining of Multidimensional Association Rules from Data Cubes," 2019 International Conference on Information Networking (ICOIN), Kuala Lumpur, Malaysia, 2019, pp. 159-164.
- [3] Molina C., "Imprecisión e Incertidumbre en el Modelo Multidimensional: Aplicación a la Minería de Datos," 2005.
- [4] Agrawal R., Imielinski T., and Swami A., "Mining association rule between sets of items in large databases," Proceedings of ACM SIGMOD, pp. 207–216, 1993.
- [5] Cuzzonrea A, De Maio C., Fenza G., Loia V. and Parente M., "OLAP analysis of multidimensional tweet streams for supporting advanced analytics", Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing, pp 992-999, Pisa, Italy — April 04 - 08, 2016.
- [6] Jeon Y., Cho C., Seo J., Kwon K., Park H., Chung IJ. (2017) Rule-Based Topic Trend Analysis by Using Data Mining Techniques. In: Park J., Chen SC., Raymond Choo KK. (eds) Advanced Multimedia and Ubiquitous Engineering. FutureTech 2017, MUE 2017. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 448. Springer, Singapore.
- [7] J. Xu, B. Xu, and H. Cai, "Research and Application of Hybrid-Driven Data Warehouse Modeling Method," 2011.
- [8] Martin A., Maladhy D., and Venkatesan D. V. P., "A FRAMEWORK FOR BUSINESS INTELLIGENCE APPLICATION USING ONTOLOGICAL CLASSIFICATION," vol. 3, 2 Feb 2011 2011.

- [9] NebotV., BerlangaR., PérezJ. M., AramburuM. J., and PedersenT. B., "MULTIDIMENSIONAL INTEGRATED ONTOLOGIES: A FRAMEWORK FOR DESIGNING SEMANTIC DATA WAREHOUSES," 2011.
- [10] AFOLABI, Ibukun; SOWUNMI, Olaperi; DARAMOLA, Olawande. Semantic association rule mining in text using domain ontology. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2017, vol. 12, no 1, p. 28-34..
- [11] ProkritiRoy, et al. "Ontology assisted data mining and pattern discovery approach: a case study on Indian school education system." *Advances in Natural and Applied Sciences*, vol. 9, no. 6 SE, p. 555, 2015.
- [12] AntunesC., "Pattern Mining over Star Schemas in the Onto4AR Framework," *IEEE International Conference on Data Mining Workshops*, 2009.
- [13] GuarinoN., OberleD., and StaabS., "What is an Ontology?", S. Staab and R. Studer, vol. Chapter 6: *Handbook on Ontologies*, pp. 1-17, 2009.
- [14] C.-A. Wu, W.-Y. Lee, M.-C. Tseng, and C.-C. Wu, "The Research of Ontology-Assisted Data Mining Technology," *Journal of Internet Technology*, vol. 8, 2010.
- [15] StuderR., BenjaminsR., and FenselD., "Knowledge engineering: Principles and methods," *Data & Knowledge Engineering*, 1998.
- [16] LapuenteM. J. L., "Ontologías. Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen," Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 2013.
- [17] W3C\_Recommendation, "OWL 2 Web Ontology Language Primer," W3C Recommendation 27 October 2009, 27 October 2009.