

Una primera aproximación a la Semántica adaptable al Contexto en Bases de Datos Difusas

J.T. Cadenas*, N. Marín y M.A. Vila

*corresponding author

Resumen—Con un enfoque interdisciplinar se estudió el contexto del usuario en el ámbito de sistemas de Bases de Datos Difusas, recurriendo a las posibilidades de modelar datos imperfectos para proporcionar a las personas interesadas semántica adaptable a los conceptos de acuerdo a su preferencia. Este problema se considera de especial interés y novedoso, ya que es una contribución a la mejora de la calidad del acceso a la información de los usuarios, mediante la personalización y flexibilización de aplicaciones, en la sociedad considerada en la era de la información y el conocimiento. El contexto del usuario ha sido ampliamente estudiado en áreas como Computación Ubicua, Interacción Persona Ordenador, Inteligencia Artificial, Sistemas de Recuperación y Recomendación; pero muy poco se ha investigado en el área de Bases de Datos Difusas. Se propone una arquitectura de sistemas sensibles al contexto utilizando herramientas tales como: modelado orientado a objetos, DBMS Objeto Relacional y la Teoría Computacional de Percepciones de Zadeh.

Index Terms—Bases de Datos Difusas, Semántica Adaptable, Aplicaciones sensibles al contexto, DBMS Objeto Relacional

I. INTRODUCCIÓN

EN la actualidad el software es considerado un factor crítico de éxito en la sociedad de la información y el conocimiento. Las relaciones entre las personas, empresas y gobiernos, han cambiado por el uso de la tecnología; un ejemplo claro de ello es la interconexión de las empresas con los clientes y con sus asociados, utilizando herramientas de gestión del conocimiento para ser más eficientes; a la par se observa que los gobiernos emprenden acciones para mejorar su presencia a través de Internet y prestar servicios cada vez más eficientes a los ciudadanos; mientras que los usuarios emplean las herramientas para sus relaciones interpersonales a través de redes sociales, la web 2.0 ha conformado una nueva sociedad virtual, donde el eje fundamental es la información.

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) se encuentran incrustadas en las estructuras sociales y culturales en múltiples formas; las redes sociales permiten sitios de encuentros, conflictos generacionales, regulaciones domésticas, prácticas religiosas, vigilancia estatal, protestas cívicas, encuentros románticos, gestión política, expresión artística, por mencionar sólo algunos tipos de actividades; además, se ha

implantado su utilización en la educación (*e-learning*), servicios médicos (*Telehomecare*) y en el hogar (Domótica) en lo que se conoce como Inteligencia Ambiental.

Inmerso en este mundo se encuentran omnipresentes los computadores, así como dispositivos de diverso tipo (asistentes digitales o PDAs, teléfonos inteligentes, tabletas digitales, cámaras, sensores de ambiente, localizadores basados en GPS, detectores de proximidad, lectores de tarjetas magnéticas, códigos de barra, identificadores automáticos mediante radiofrecuencia o RFID), las redes inalámbricas y los sistemas informáticos en lo que se denomina Computación Ubicua.

De acuerdo a [3] la Computación Ubicua ya es una realidad, sólo que en términos distintos a lo pensado inicialmente [17]: no es invisible o discreta más bien los dispositivos están muy presentes, visibles y marcados; en lugar de ser limpia y ordenada, está presente en forma desordenada e improvisada; caracterizada por tecnologías mantenidas en sincronización sólo después de un esfuerzo considerable; por apropiación sorpresiva de la misma para propósitos nunca imaginados por sus inventores y frecuentemente radicalmente opuesto a ellos; por interpretaciones muy diferentes en lo social, cultural y legislativo de los objetivos para las que se desarrollaron.

El reto actual de diferentes investigadores en el área de las tecnologías de información y comunicación (TIC) es determinar cómo los avances en computación pueden mejorar la calidad de vida de las personas, porque normalmente se ha dejado de lado la perspectiva humana en los sistemas automatizados. Diversas áreas de Ciencias de la Computación proponen líneas de investigación en esta dirección. De acuerdo a [11], la Inteligencia Artificial (AI) lo intenta haciendo a los computadores más inteligentes, mientras la Interacción Persona-Ordenador (HCI) a través de diseños más cuidadosos centrados en el usuario y con interfaces de manipulación directa; esto definitivamente ayudará a la solución, pero para que realmente se logre el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas, se requiere abordar un problema al que se ha dado poca atención en éstas y otras áreas de computación: el Contexto.

II. BASES DE DATOS DIFUSAS Y EL CONTEXTO

La incertidumbre está presente en una gran variedad de sistemas emergentes; en [1] se afirma que la gestión de datos inciertos ha tenido un renovado interés en años recientes debido a la gran cantidad de áreas que lo utilizan, tales como: minería de datos preservando privacidad, datos inferidos utilizando métodos estadísticos de predicción (probabilísticos),

J.T. Cadenas, Departamento de Computación y Tecnología de la Información, Universidad Simón Bolívar, 1080A, Caracas, Venezuela. Centro de Análisis, Modelado y Tratamiento de Datos, CAMYTD, FACYT, Universidad de Carabobo, Venezuela (e-mail: jtcadenas@usb.ve).

N. Marín y M.A. Vila, Grupo de Investigación de Bases de Datos y Sistemas de Información Inteligentes (IDBIS), Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Granada, 18071, Granada, España, (e-mail: {nicm,vila}@decsai.ugr.es).

incertidumbre existencial en bases de datos (presencia o ausencia de registros); por lo que hay una serie de retos por resolver en el procesamiento y gestión (recolección, modelado, representación, consultas, indexado y minería) de estos datos.

Se han diseñado e implementado diferentes propuestas de bases de datos que permitan la representación y gestión de la incertidumbre (imprecisión o vaguedad) a través Sistemas Gestores de Bases de Datos, entre las que destaca la utilización de la Teoría de Conjuntos Difusos [18], tal como se muestra en [8]; la mayoría de estas propuestas están desarrolladas para ser realizadas en Sistemas Gestores de Bases de Datos Relacionales (RDBMS). En [6] se plantea un modelo difuso de bases de datos objeto relacional implementado bajo PostgreSQL, basado en los aportes de [7], [5], [12]; mientras que en [13] se propone un modelo similar efectuado en Oracle.

En este trabajo se utiliza el Gestor de Base de Datos Objeto Relacional Oracle; mediante un enfoque orientado a objetos se extienden los tipos de datos estándar para gestionar dominios difusos. Además, se propone la extensión de los trabajos anteriores para permitir flexibilizar el uso de diversas etiquetas lingüísticas para un mismo concepto por parte de los usuarios, añadiéndole mayor poder semántico.

Se demostrará la factibilidad de realizar una propuesta de aplicaciones sensibles al contexto, cumpliendo con los postulados de *soft computing*: llevar a cabo una solución tratable, robusta, de bajo costo y lo más cercano a la realidad posible, utilizando bases de datos difusas. El problema a tratar es considerado de gran interés y novedoso, ya que es una contribución a la mejora de la calidad del acceso de la información del usuario proporcionando interfaces amigables, flexibles e intuitivas desde la perspectiva del ser humano, en una sociedad considerada en la era de la información y conocimiento. Se utilizaron técnicas de modelado orientado a objetos difusos así como su implementación en un Gestor de Bases de datos Objeto Relacional tal como Oracle. Este modelo teórico de datos contextuales [5] puede ser utilizado luego por sistemas que se basen en el uso del contexto en el ámbito de bases de datos difusas, no sólo para semántica adaptable del usuario sino para un uso más amplio.

A. Antecedentes

De acuerdo a la revisión bibliográfica existe poca investigación previa con respecto a las bases de datos y el contexto, más aún si nos centramos en el caso de los Sistemas de Bases de Datos Difusas; ésta última área proporciona los mecanismos adecuados para interactuar con ambientes donde los datos son complejos, permitiendo asemejar con mayor cercanía la realidad del ser humano, gestionando los datos referentes a las percepciones y emociones de las personas a través de la Teoría de Conjuntos Difusos.

En [9] se propone la extensión de consultas de usuario con preferencias deducidas de reglas que describen el contexto actual del usuario, asegurando que los sistemas personalizados se benefician de las preferencias de los usuarios de acuerdo a su contexto, para seleccionar los datos más relevantes de una gran cantidad de información potencial. En su investigación los autores plantean la representación de preferencias del

usuario e información relacionada al contexto mediante un modelo basado en reglas difusas; esta técnica permite capturar términos graduales y describir el contexto en forma flexible.

Por otro lado en [15] estudian el problema del incremento de información destacada proveniente de un amplio rango de fuentes entregada en medios electrónicos. Estos autores afirman que los usuarios normalmente hacen consultas ambiguas y obtienen una gran cantidad de respuestas; fundamentan su propuesta en una revisión el estado del arte de la recuperación de información contextual basado en varias fuentes; toman como entradas de contexto búsquedas anteriores del usuario, el ambiente (tiempo y localización), así como los intereses y preferencias del usuario.

Un estudio relacionado con consultas basadas en preferencias de usuarios en contextos es realizado por [20], quienes afirman que la sensibilidad al contexto juega un papel importante en la sociedad moderna. Es así como dispositivos móviles tales como GPS, sensores y RFIDs; producen información contextual que facilita la adquisición de información correcta del usuario, la cual puede ser almacenada en bases de datos relacionales. Se construyen modelos gráficos de estos datos relacionales para evaluar las consultas sensibles al contexto. Los autores afirman que los métodos definidos por el usuario para construir el modelo gráfico consumen mucho tiempo y no son eficientes, por lo que proponen explorar a fondo técnicas sofisticadas de bases de datos y definen distribuciones de posibilidad sobre dominios relacionales para aprender sobre los modelos gráficos; luego, se consultan los modelos aprendidos para realizar la sensibilización al contexto.

Por su parte en [10] formulan un mecanismo de consulta difuso para sitios web de Recursos Humanos. Los autores indican que las preferencias de usuarios frecuentemente contienen imprecisión e incertidumbre, lo cual es muy difícil de tratar con el SQL tradicional. Primero, proponen almacenar los datos difusos en un DBMS convencional sin modificar el modelo. Segundo, plantean un lenguaje de consulta difusa; y los requerimientos de los usuarios son expresados mediante un conjunto de condiciones difusas. Tercero, asocian a cada condición difusa un grado de importancia para diferenciarlas. Cuarto, utilizan el promedio ponderado difuso para agregar todas las condiciones difusas basadas en sus grados de importancia y de coincidencia. A través de un método de compensación de todas las condiciones difusas, se ordenan los resultados de acuerdo a la preferencia del usuario.

Técnicas de resúmenes de datos (*data summaries*) y sistemas personalizados son presentadas en [16]. Ello permite a los usuarios escoger su propio vocabulario cuando consultan a una base de datos mediante la utilización de variables lingüísticas definidas en su perfil, obteniendo el nivel de granularidad requerido en los resultados. De acuerdo a los investigadores antes mencionados, un enfoque para abordar el problema del gran tamaño de las bases de datos y tomar en cuenta la perspectiva humana consiste en hacer uso de los intereses, preferencias o características de los usuarios; esta información adicional y las restricciones que impone, permiten establecer sistemas de consultas personalizados con las ventajas de reducir los espacios de búsquedas, la cantidad de fuentes consultadas (reduciendo tiempos de respuesta) y el número

de resultados (reduciendo la sobrecarga de información). Los autores afirman que los resúmenes de datos constituyen una forma de atacar el problema de encontrar información relevante en grandes bases de datos; sin embargo su limitación principal radica en que no existen herramientas para que los usuarios finales utilicen estos resúmenes eficientemente, por lo que han sido propuestos algoritmos para consultar bases de datos como el modelo "SAINTETIQ".

También hay diversas investigaciones que estudian las preferencias del usuario, tal como [2], quienes proponen técnicas de modelado de preferencia desarrolladas en inteligencia artificial acopladas a bases de datos relacionales. Los autores afirman que las preferencias son usadas en una variedad de dominios tales como: economía, matemáticas y ciencias de la computación (en el área de inteligencia artificial); además, indican que las preferencias son actualmente de gran interés en el área de bases de datos relacionales para la personalización de consultas; para ello se requiere la construcción de un perfil de usuario, por lo que el resultado de una misma consulta puede ser diferente de acuerdo al usuario que inició la consulta. Esto también es de interés para la presente investigación.

B. Arquitectura de una Aplicación Sensible al Contexto

Una aplicación sensible al contexto debe tener mecanismos para adquirir entradas implícitas proporcionadas por el ambiente, ya sea a través de sensores ambientales o por medio de agentes que inferan el contexto de acuerdo a las actividades de las personas. Lo que se presenta en esta sección es una primera aproximación de una arquitectura para una aplicación de base de datos difusa que pueda adquirir datos implícitos del contexto basado en los aportes de Computación Ubicua y la Teoría Computacional de Percepciones (CTP) de Zadeh [19]. Además se deben inferir datos contextuales y tomar en cuenta los explícitos proporcionados por el usuario. En la Figura 1 se presenta la arquitectura propuesta.

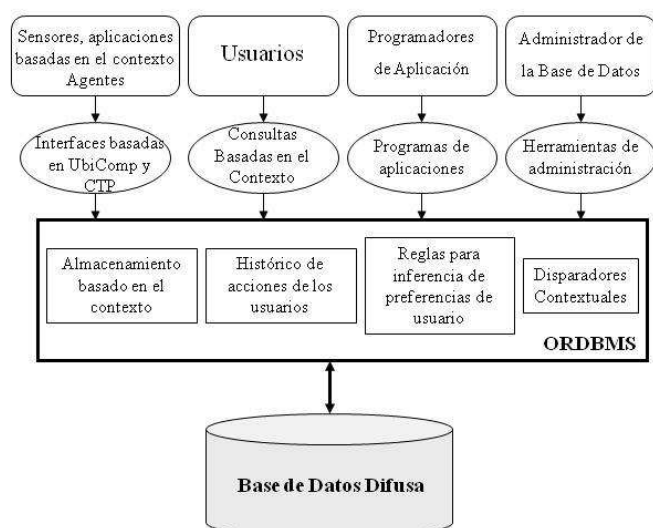


Fig. 1. Arquitectura para un Sistema de Base de Datos Difusas Sensible al Contexto

Se prevé la utilización de sensores o redes sensoriales

presentes en computación ubicua que miden aspectos tales como temperatura, ubicación, movimiento, datos temporales o espaciales; esto se puede almacenar en sistemas de bases de datos ligeros que luego pueden ser trasladados por aplicaciones específicas a la base de datos difusa, incluso los datos puedan ser adquiridos y almacenados en bases de datos probabilísticas las cuales pueden usarse en estos ambientes. Los sensores tienen características que pueden destacarse tales como: son económicos, provienen de diversas fuentes distribuidas, proactivos (miden los cambios continuamente) y móviles. Es de hacer notar que los datos adquiridos a través de sensores son normalmente imperfectos y la heterogeneidad puede producir problemas de ambigüedad, de ahí la importancia de tener un sistema que pueda gestionar este tipo de información, como las bases de datos difusas o probabilísticas.

El problema de llevar información implícita de naturaleza humana a través de aplicaciones basadas en el contexto puede ser solucionado utilizando la Teoría Computacional de Percepción (CTP) propuesta por Zadeh [19]. En CTP tienen un rol primordial las etiquetas de percepciones, expresadas como proposiciones en un lenguaje natural, que son traducidas a un Lenguaje Generalizado de Restricción (GCL) utilizando técnicas basadas en Computación por Palabras [4]. La amplia variedad de restricciones soportadas por GCL (posibilísticas, probabilísticas, grafos difusos, conjunto Pawlak o aleatorio) lo convierten en un lenguaje mucho más expresivo que la lógica de predicados.

Por otra parte pueden utilizarse módulos de software como los agentes utilizados en la web semántica para extraer o inferir datos contextuales de acuerdo a las acciones que tome el usuario (uso de aplicaciones web, visualización en internet, perfiles de usuario o preferencias establecidas), así como para almacenar en la base de datos un histórico de estas acciones que permita establecer reglas de inferencia de aspectos contextuales.

Para el administrador de la base de datos o diseñador de la misma es vital el uso de herramientas como el modelado contextual orientado a objetos difusos, que permitan definir los datos a ser almacenados en el catalogo contextual. Es de hacer notar que los modelos orientados a objetos satisfacen los requerimientos demandados por la computación ubicua para diseñar aplicaciones sensibles al contexto: composición distribuida, validación parcial, calidad de la información, nivel de formalidad, aplicabilidad para ambientes existentes e información vaga [14]. Es aquí en este último punto donde se resalta que el modelo además de orientado a objetos sea difuso, ya que la información contextual usualmente es incompleta, ambigua, imprecisa y/o errónea, permitiendo crear un sistema propicio para gestionar estos datos imperfectos.

Los programadores de aplicaciones pueden desarrollar sistemas sensibles al contexto contando no sólo con la información contextual almacenada en la base de datos difusas, sino con el histórico de acciones de los usuarios, que le permitirá codificar reglas de inferencia, validar información del contexto actual. Además, hacerla dinámica utilizando el paradigma evento- acción (ECA) de las bases de datos a través del uso de disparadores (*triggers*) en este caso contextuales.

Un componente primordial de esta arquitectura es el Sistema

Gestor de Base de Datos Objeto Relacional (ORDBMS), ya que cómo se va a mostrar con un caso de ejemplo, teniendo el modelo de datos basado en objetos difusos es directo llevarlo a la implementación utilizando los mecanismos proporcionados por el ORDBMS. Mediante las capacidades de representación de objetos complejos, extensión de los tipos de datos nativos, creación de diversos métodos, interoperación con otros lenguajes de programación además de SQL (Java, C, C++, PL/SQL) se pueden realizar aplicaciones intuitivas, en forma rápida, amigables, preservando las capacidades inherentes de una base de datos relacional (acceso concurrente, múltiples niveles de seguridad, alto rendimiento, resguardo de la consistencia e integridad de los datos), en general, un sistema muy eficiente.

Por último los usuarios serán los más beneficiados ya que van a interactuar con sistemas personalizados, con semántica adaptable al contexto, que capture las percepciones del mundo real lo más cercano posible, gestione datos imperfectos (ambiguos o inciertos), permita hacer consultas basadas en sus preferencias, no sólo esté centrado en los datos suministrados por él o por un administrador sino que infiera y descubra datos contextuales, logrando así la mejora en la calidad del acceso a la información mediante aplicaciones flexibles e inteligentes.

C. Un Caso de Ejemplo

La semántica adaptable se presentará mediante un conjunto de etiquetas lingüísticas, representadas por distribuciones de posibilidad tipo trapezoidal, para una variable tal como la altura o peso de una persona. En la Figura 2 se muestra el modelo orientado a objetos difusos mediante la notación UML.

Al considerar los trapezoides como objetos luego se pueden hacer comparaciones entre ellos, ocultando al usuario las complejidades de un método tal como la igualdad difusa (FEQ) y aprovechando las facilidades de manipulación de objetos de un ORDBMS. Aunque en esta investigación sólo se implementó el FEQ, se puede extender otros métodos para diversas formas de comparación entre estas distribuciones de posibilidad. Incluso a través del método "Order" de Oracle se puede programar el cálculo del centro de gravedad de un trapezoide, que servirá de referencia para que el ORDBMS lo utilice con operadores de comparación de dos objetos tipo trapezio o se requiera ordenarlos en sentencias que tengan instrucciones como "ORDER BY" o "UNION".

1) *DDL para la creación de la clase Trapecio:* Aquí se muestra las sentencias DDL de la implementación de la clase trapezio. Oracle nos permite definir estructuras lógicas (Clases del modelo orientado a objetos) que pueden ser utilizadas posteriormente para crear estructuras de almacenamiento tales como tablas de objetos o atributos que tengan columnas de este tipo, donde cada fila de la tabla o valor de atributo respectivamente, va a representar una instancia de la clase.

```
CREATE OR REPLACE TYPE Trapezoid_objtyp AS OBJECT (
  T_A      NUMBER(12,3),
  T_B      NUMBER(12,3),
  T_C      NUMBER(12,3),
  T_D      NUMBER(12,3),
  MEMBER FUNCTION FEQ (T1 IN Trapezoid_objtyp)
  RETURN REAL);
```

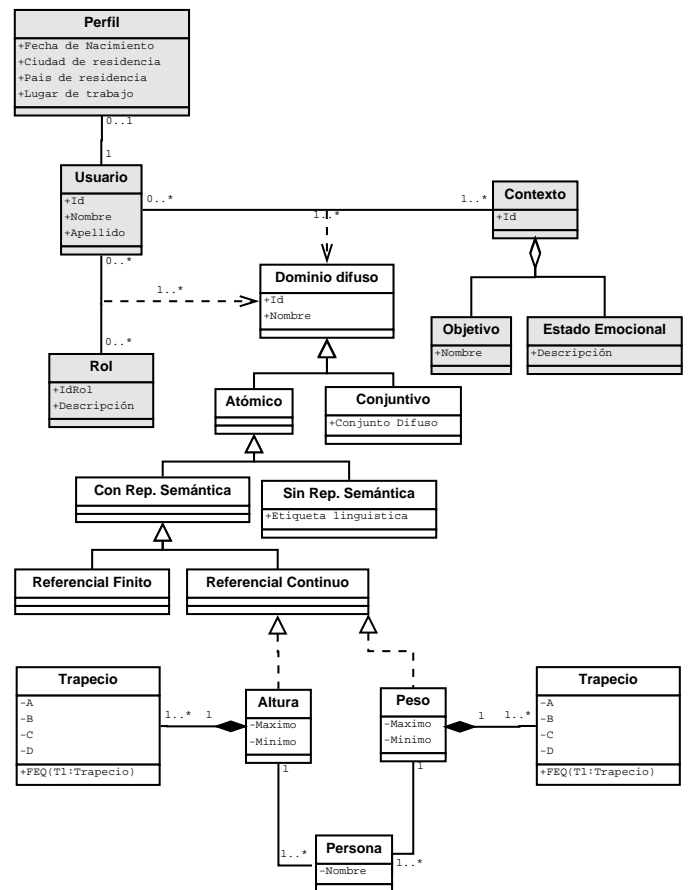


Fig. 2. Modelo de Datos orientado a Objeto Difuso de una Aplicación Sensible al Contexto

2) *Creación de tablas y atributos objeto:* A continuación se describen las instrucciones para la creación de una tabla de objetos basada en los tipos antes creados (Contexto) y un atributo tipo objeto (trapezio) de la tabla "Altura", de acuerdo a lo indicado en el apartado anterior.

```
CREATE TABLE Contexto OF Context_objtyp
(IdContext PRIMARY KEY)
OBJECT IDENTIFIER IS PRIMARY KEY;
CREATE TABLE Altura (
  Etiqueta VARCHAR2(20),
  IdUniverso NUMBER,
  IdUser NUMBER DEFAULT 0,
  IdContext NUMBER DEFAULT 0,
  IdRol NUMBER DEFAULT 0,
  Trapecio Trapezoid_objtyp,
  CONSTRAINT PK_Altura PRIMARY KEY
(Etiqueta, IdUniverso, IdUser, IdContext, IdRol),
  CONSTRAINT FK_Altura_RC FOREIGN KEY
(IdUniverso, IdUser, IdContext, IdRol)
REFERENCES Universo);
```

3) *Inserción de Datos:* Seguidamente se muestran algunas instrucciones para ingresar datos que inicialmente hace un usuario por defecto (diseñador del sistema).

```
INSERT INTO Altura VALUES ('Bajo', 0, 0, 0, 0, 0,
  Trapezoid_objtyp(0,0,150,160));
INSERT INTO Altura VALUES ('Alto', 0, 0, 0, 0, 0,
  Trapezoid_objtyp(170,180,300,300));
INSERT INTO Altura VALUES ('Promedio', 0, 0, 0, 0, 0,
  DEFAULT, Trapezoid_objtyp(150,160, 170, 180));
```

| NOMBRE | ALTURA | PESO |
|--------------------|----------|-------------|
| Jose Tomas Cadenas | 167 | 85 |
| Mariamni Cadenas | Bajo | Desconocido |
| Tomas Cadenas | Promedio | Delgado |
| Macringer Montero | Alto | Desconocido |

4 rows returned in 0.01 seconds [CSV Export](#)

Fig. 3. Personas con su Altura y Peso

Se pueden crear diversos trapecios para una misma etiqueta lingüística como *Alto*, *Bajo* o *Promedio*, correspondientes a la altura; que permiten aplicar la semántica adaptable de acuerdo al contexto, rol o usuario.

4) *Consultas difusas sensibles al Contexto*: El siguiente paso es efectuar consultas difusas de acuerdo a las preferencias de los usuarios, lo cual es presentado en los siguientes ejemplos. Se utilizan instrucciones estándar DML de SQL:1999, utilizando las estructuras de las tablas creadas.

Para mostrar la altura y el peso de las personas se efectúa la siguiente consulta (ver el resultado en la Figura 3).

```
SELECT Nombre, eti_Alaltura Altura, eti_peso Peso
FROM Persona;
```

Luego se puede obtener el contexto de la etiqueta lingüística *Alto* para la variable altura definida por "Jose Tomas Cadenas". A continuación se muestra la consulta y su resultado.

```
SELECT 'ROL= '||DesRol, Objective, EmoSta, Trapecio
FROM Altura A, Usuario U, Contexto C, Rol R
WHERE U.Username='Jose Tomas Cadenas'
AND A.IdUser = U.Iduser AND A.IdContext = C.IdContext
AND A.IdRol=R.IdRol AND Etiqueta='Alto';
```

```
ROL= Defecto
OBJECTIVE_OBJTYP('Presentar Trabajo Tutelado')
EMOTIONAL_OBJTYP('Preocupado')
TRAPEZOID_OBJTYP(170, 180, 300, 300)
```

```
ROL= Profesor
OBJECTIVE_OBJTYP('Presentar Trabajo Tutelado')
EMOTIONAL_OBJTYP('Preocupado')
TRAPEZOID_OBJTYP(175, 190, 300, 300)
```

Una consulta para obtener el catálogo de semánticas definidas por una persona sin importar su rol o contexto es mostrada seguidamente (ver el resultado en la Figura 4).

```
SELECT 'Altura ' Variable, R.DesRol Rol, Etiqueta,
A.trapecio.T_A A, A.trapecio.T_B B,
A.trapecio.T_C C, A.trapecio.T_D D
FROM Altura A, Rol R, Usuario U
WHERE U.Username='Jose Tomas Cadenas' AND
A.IdUser=U.Iduser AND A.IdRol=R.IdRol
UNION
SELECT 'Peso ' Variable, R.DesRol Rol, Etiqueta,
P.trapecio.T_A A, P.trapecio.T_B B,
P.trapecio.T_C C, P.trapecio.T_D D
FROM Peso P, Rol R, Usuario U
WHERE U.Username='Jose Tomas Cadenas' AND
P.IdUser = U.Iduser AND P.IdRol=R.IdRol;
```

Ahora, si se desea saber las personas de cierta estatura de acuerdo a la definición de una persona en particular, primero se extrae de la tabla *Altura* la definición deseada y luego se compara a través del método *FEQ* del objeto *trapecio* con el valor difuso de *Altura* de la tabla *Persona*, tal como se muestra

| VARIABLE | ROL | ETIQUETA | A | B | C | D |
|----------|----------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| Altura | Defecto | 167 | 167 | 167 | 167 | 167 |
| Altura | Defecto | Alto | 170 | 180 | 300 | 300 |
| Altura | Defecto | Bajo | 0 | 0 | 150 | 160 |
| Altura | Defecto | Promedio | 150 | 160 | 170 | 180 |
| Altura | Profesor | Alto | 175 | 190 | 300 | 300 |
| Altura | Profesor | Bajo | 0 | 0 | 155 | 180 |
| Altura | Profesor | Promedio | 165 | 180 | 200 | 210 |
| Peso | Defecto | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| Peso | Defecto | Delgado | 0 | 0 | 50 | 80 |
| Peso | Defecto | Desconocido | - | - | - | - |
| Peso | Defecto | Gordo | 110 | 140 | 200 | 200 |
| Peso | Defecto | Medio | 60 | 80 | 100 | 120 |

12 rows returned in 0.00 seconds [CSV Export](#)

Fig. 4. Catálogo de Semánticas de "Jose Tomas Cadenas"

| NOMBRE | ETIQUETA | FEQ |
|--------------------|----------|-----|
| Macringer Montero | Alto | 0 |
| Mariamni Cadenas | Bajo | 1 |
| Tomas Cadenas | Promedio | .5 |
| Jose Tomas Cadenas | 167 | 0 |

4 rows returned in 0.05 seconds [CSV Export](#)

Fig. 5. Personas de estatura "Bajo" según "Jose Tomas Cadenas" en rol "Defecto"

en las siguientes consultas (ver resultado de las mismas en la figura 5).

```
CREATE VIEW TrapAltoDef of trapezoid_objtyp
WITH OBJECT IDENTIFIER (T_A) AS
SELECT A.Trapecio
FROM Altura A, Rol R, Usuario U
WHERE A.Etiqueta='Bajo' AND
U.Username='Jose Tomas Cadenas' AND
A.IdUser=U.Iduser AND A.IdRol=R.IdRol AND
R.DesRol='Defecto';
```

```
SELECT Nombre, Etiqueta, A.Trapecio.FEQ(VALUE(T)) FEQ
FROM Persona P, Altura A, TrapAltoDef T
WHERE P.Eti_Alaltura = A.Etiqueta AND A.IdUser = '0'
AND A.IdRol='0' and A.IdContext='0';
```

El mismo usuario bajo un rol diferente (Profesor) puede hacer las consultas anteriores obteniendo diferentes grados de pertenencia que ejemplifica la semántica adaptable. En la Figura 6 se muestra el resultado.

Otro ejemplo que reafirma las ventajas ofrecidas por la

| NOMBRE | ETIQUETA | FEQ |
|--------------------|----------|-----|
| Macringer Montero | Alto | .29 |
| Mariamni Cadenas | Bajo | .5 |
| Tomas Cadenas | Promedio | .86 |
| Jose Tomas Cadenas | 167 | .52 |

4 rows returned in 0.05 seconds [CSV Export](#)

Fig. 6. Personas de estatura "Bajo" según "Jose Tomas Cadenas" en rol "Profesor"

| VARIABLE | ROL | OBJETIVO | ETIQUETA | A | B | C | D |
|----------|----------|-------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| Altura | Profesor | Persona para Baloncesto | Alto | 170 | 200 | 300 | 300 |
| Altura | Profesor | Persona para Hipismo | Alto | 160 | 180 | 300 | 300 |

2 rows returned in 0.02 seconds [CSV Export](#)

Fig. 7. Catálogo de semánticas de "Amparo Vila"

| HOMBRE | ETIQUETA | FEQ |
|--------------------|----------|-----|
| Jose Tomas Cadenas | 167 | 0 |
| Mariamni Cadenas | Bajo | 0 |
| Tomas Cadenas | Promedio | .25 |
| Macringer Montero | Alto | 1 |

4 rows returned in 0.08 seconds [CSV Export](#)

Fig. 8. Personas altas para Baloncesto según Amparo Vila

semántica adaptable en Bases de Datos Difusas dependiendo del contexto se presenta seguidamente. Ahora se va a considerar contextos con diferentes objetivos del usuario. En la Figura 7 se presentan las definiciones de "Alto" de otro usuario.

Siguiendo la misma metodología se puede obtener las personas altas de acuerdo al objetivo del usuario. En la Figura 8 se presentan las personas altas de acuerdo a la definición de Amparo Vila para el objetivo "Persona para Baloncesto".

En la Figura 9 se presentan las personas altas de acuerdo a la definición de Amparo Vila para el objetivo "Persona para Hipismo".

III. CONCLUSIÓN

En este artículo hemos introducido una arquitectura general para el desarrollo de aplicaciones de base de datos difusas sensibles al contexto del usuario utilizando un gestor de base de datos Objeto-Relacional. A través de un caso de ejemplo mostramos la factibilidad de implementar una aplicación sensible al contexto, utilizando el ORDBMS Oracle. Así, podemos ingresar datos y obtener consultas difusas sensibles al contexto utilizando el estándar SQL:1999, mediante la extensión de tipos de datos para representar dominios difusos utilizando objetos tipo trapecio.

Como trabajo futuro se tiene el desarrollo de los módulos de almacenamiento y de recuperación de datos sensibles al contexto que cumplan con los postulados de la Teoría Computacional de percepciones de Zadeh. Además, la extensión de la capacidad inicial implementada utilizando un modelo contextual más completo, basado en otras características que

| HOMBRE | ETIQUETA | FEQ |
|--------------------|----------|-----|
| Macringer Montero | Alto | 1 |
| Mariamni Cadenas | Bajo | 0 |
| Tomas Cadenas | Promedio | .67 |
| Jose Tomas Cadenas | 167 | .35 |

4 rows returned in 0.05 seconds [CSV Export](#)

Fig. 9. Personas altas para Hipismo según Amparo Vila

describen el contexto tales como los datos proporcionados por sensores de computación ubicua, registros históricos de las actividades de los usuarios e información que pueda ser inferida u obtenida explícitamente a través del usuario.

Esta investigación fue parcialmente apoyada por el Gobierno de Andalucía (Junta de Andalucía, Conserjería de Economía, Innovación y Ciencia) a través del proyecto P07-TIC03175, además de la Fundación Carolina.

REFERENCES

- [1] C. Aggarwal, editor. *Managing and Mining Uncertain Data*. Advances in Database Systems. Springer, 1st edition, 2009.
- [2] R.A. Assi and S. Kaci. A compact representation of preference queries. In *Fuzzy Systems Conference, 2007. FUZZ-IEEE 2007. IEEE International*, pages 1–6, july 2007.
- [3] G. Bell and P. Dourish. Yesterday's tomorrows: notes on ubiquitous computing's dominant vision. *Personal Ubiquitous Comput.*, 11:133–143, January 2007.
- [4] F. Berzal, J.C. Cubero, N. Marín, M.A. Vila, J. Kacprzyk, and S. Zadrozny. A general framework for computing with words in object-oriented programming. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 15(Supplement-1):111–131, 2007.
- [5] F. Berzal, N. Marín, O. Pons, and M. A. Vila. Managing fuzziness on conventional object-oriented platforms. *Int. J. Intell. Syst.*, 22:781–803, 2007.
- [6] L. Cuevas. *Modelo Difuso de bases de datos objeto-relacional: propuesta de implementación en software libre*. PhD thesis, Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada, 2001.
- [7] L. Cuevas, N. Marín, O. Pons, and M.A. Vila. pg4db: A fuzzy object-relational system. *Fuzzy Sets Syst.*, 159:1500–1514, 2008.
- [8] J. Galindo, editor. *Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases*. IGI Global, 2008.
- [9] A. Hadjali, A. Mokhtari, and O. Pivert. A fuzzy-rule-based approach to contextual preference queries. In E. Hüllermeier, R. Kruse, and F. Hoffmann, editors, *Computational Intelligence for Knowledge-Based Systems Design*, volume 6178 of *LNCS*, pages 532–541. Springer Berlin / Heidelberg, 2010.
- [10] L.F. Lai, C.C. Wu, L.T. Huang, and J.C. Kuo. A fuzzy query mechanism for human resource websites. In Hepu Deng, Lanzhou Wang, Fu Wang, and Jingsheng Lei, editors, *Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, volume 5855 of *LNCS*, pages 579–589. Springer Berlin / Heidelberg, 2009.
- [11] H. Lieberman and T. Selker. Out of context: Computer systems that adapt to, and learn from, context. *IBM Systems Journal*, 39(3&4):617–, 2000.
- [12] N. Marín, J.M. Medina, O. Pons, D. Sánchez, and M.A. Vila. Complex object comparison in a fuzzy context. *Information and Software Technology*, 45(7):431–444, 2003.
- [13] J.M. Medina, C.D. Barranco, J.R. Campaña, and S. Jaime-Castillo. Generalized fuzzy comparators for complex data in a fuzzy object-relational database management system. In E. Hüllermeier, R. Kruse, and F. Hoffmann, editors, *Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Applications*, volume 81 of *Communications in Computer and Information Science*, pages 126–136. Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- [14] T. Strang and C. Linnhoff-Popien. A context modeling survey. *Workshop on Advanced Context Modelling Reasoning and Management as part of UbiComp*, Workshop 0:1–8, 2004.
- [15] L. Tamine-Lechani, M. Boughanem, and M. Daoud. Evaluation of contextual information retrieval effectiveness: overview of issues and research. *Knowledge and Information Systems*, 24(1):1–34, 2009.
- [16] L. Ughetto, W.A. Voglozin, and N. Mouaddib. Database querying with personalized vocabulary using data summaries. *Fuzzy Sets and Systems*, 159(15):2030–2046, 2008.
- [17] M. Weiser. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):94–104, September 1991.
- [18] L.A. Zadeh. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3):338–353, 1965.
- [19] L.A. Zadeh. A new direction in ai: Toward a computational theory of perceptions. *AI Magazine*, 22(1):73–84, 2001.
- [20] J. Zheng and J. Sun. Building graphical models from relational databases for context-aware querying. *Information Engineering, International Conference on*, 1:626–630, 2009.