

Tratamiento de Arquitecturas de Base de Datos Difusas con FSQL

Diego Alejandro Urbina López¹, Virgilio Fredy Tito Chura²

daulys2@gmail.com¹, fredytito@gmail.com²

Universidad César Vallejo¹, Universidad Católica Sedes Sapientiae², Perú.
Lima - Perú

Resumen: En este artículo presentamos el desarrollo y actualización del tratamiento de Base de Datos Difusas concebido hace algunos años por muy pocos investigadores, los cuales no han sido retomados en la actualidad. Las Bases de Datos Difusas o FRDB (Fuzzy Relational Data Bases), funcionan con una extensión del SQL llamada FSQL (Fuzzy SQL), la cual se ha actualizado y depurado a nivel código, lo cual permite una mejor carga y flexibilidad en el FRDB. Para hacer dinámico este desarrollo se implantó en una plataforma de aplicación web codificada con las últimas tendencias de programación web 3.0 como son PHP, HTML5, JavaScript (JS) o AJAX soportadas en un servidor WEB (AppServ). El servidor FRDB ha sido re-programado y depurado en lenguajes PLSQL lo cual sirve de fácil migración al Oracle, que es nuestra visión como desarrolladores. Este proyecto trata de ampliar y actualizar los conocimientos y trabajos previos de hace diez años para presentar una nueva arquitectura de Base de Datos Difusas basados en el modelo GEFRED.

Abstract: In this paper we present the development and updating of treatment Fuzzy Database conceived some years ago by a few researchers who have not been taken up today. Databases or FRDB Fuzzy (Fuzzy Relational Data Bases), work with an extension of SQL called FSQL (Fuzzy SQL), which has been updated and refined at the code, which allows for better flexibility in loading and FRDB. Dynamic to this development was implemented in a web application platform encoded with the latest trends in web 3.0 programming such as PHP, HTML5, JavaScript (JS) or AJAX supported on a web server (AppServ). FRDB like a server has been re-programmed and debugged in PLSQL language which allows easy migration to Oracle, which is our vision as developers. This project aims to expand and update knowledge and previous work ten years ago to present new database architecture based Fuzzy GEFRED model.

Palabras claves: Base de Datos Difusa, FSQL, GEFRED, FRDB, Fuzzy DB, Servidor Web FRDB.

1 Introducción

En el campo de investigación de Sistemas de Manejo de Base de Datos Difusas conocidos como DBMS (*Data Base Management Systems*), se han ido desarrollando, a lo largo de los años, una serie de proyectos conocidos por sus autores, sin embargo no han sido actualizados por ser temas de alto nivel investigativo. Nosotros pretendemos retomar dichas investigaciones y mejorarlas, comenzando con el desarrollo de modelos lingüísticos, términos como “moderado”, “medio” –por ejemplo y sus valores de predicados o semántica incluidos. La idea esencial de este proyecto es actualizar y migrar la extensión del lenguaje SQL conocida como FSQL para el tratamiento de este tipo de lógicas difusas que fueron introducidas desde 1994, así como el uso de comparadores difusos, atributos difusos, constantes difusas, utilizando la base de datos: PostgreSQL.

Por ello, como software cliente complementario, aquel que será destinada al usuario y permitirá la interacción y consultas FSQL al servidor FRDB, se optó por codificarlo en lenguajes de alto nivel de programación web, caracterizados por sus simplicidad, dinamismo y robustez, que hasta la fecha son las nuevas tendencias en web 3.0 tales como PHP, HTML5 y JavaScript conocidos holísticamente como AJAX soportadas en un servidor web: AppServ. Aun teniendo muchos límites por ser codificaciones antiguas, daremos acceso a la toda la información hasta ahora investigada.

2 Trabajos Previos

Visual FSQL: Gestión visual de bases de datos difusas en Oracle a través de internet usando FSQL, por José Galindo Gómez, 2003. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación. Universidad de Málaga. España. (...) El objetivo del proyecto es desarrollar una aplicación web para acceder a ella a través de internet y poder realizar consultas a bases de datos difusas o tradicionales, localizadas en el mismo servidor que la aplicación ó un servidor remoto de Bases de Datos. Con esta aplicación podremos conectarnos al servidor de Bases de Datos (BD) y tendremos la oportunidad de realizar consultas difusas mediante el lenguaje FSQL (FUZZY SQL), que es una extensión del SQL (Sequence Query Language) tradicional. Esto no significa necesariamente que el usuario deba conocer dicho lenguaje, puesto que las consultas se realizarán a través de una interfaz visual, fácil de utilizar y que nos guiará paso a paso, por lo que se posibilita notablemente que cualquier persona pueda manejar el programa. También podremos realizar consultas directamente en FSQL para quien así lo desee (...) (...) Una vez realizada la consulta, la aplicación enviará al servidor de BD la sentencia y éste comprobará su validez, en cuyo caso responderá a la aplicación con el código equivalente generado en SQL. Este código SQL lo utilizará nuestra aplicación para realizar la consulta definitiva a la BD y el resultado de esta consulta se mostrará al usuario. Hay que aclarar que la verdadera consulta SQL a la BD es la que se lleva a

cabo al final. La primera consulta, se realiza en FSQL y la procesa una función del llamado Servidor FSQL que la analiza y la traduce a SQL de acuerdo a los elementos y estructuras definidas en el lenguaje FSQL. (...)

InmoSoftWeb: Aplicación de Gestión Inmobiliaria Vía Web Basada en Tecnologías Difusas, por Juan Medina, Jesús Campaña y Carlos Barranco. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Universidad de Granada. España. (...) El presente artículo analiza la aplicación InmoSoftWeb (ISW), una aplicación web que aprovecha ventajas que aporta la aplicación de la teoría de Conjuntos Difusos al campo de la gestión inmobiliaria. ISQ está desarrollada sobre una FRBD (Fuzzy Relational Data Base), empleando inicialmente un prototipo de servidor llamado FSQL el cual proporciona a la aplicación capacidades para el manejo de datos y consultas difusas. ISW es independiente de la FRBD subyacente ya que se emplea una capa de abstracción basada en XML.(...)

GEFRED. Un Modelo Generalizado de Bases de Datos Relacionales Difusas, por J. M. Medina Rodríguez. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. España. (...)Esta comunicación presenta un modelo de Bases de Datos Relacionales Difusas cuyas características principales son: la integración en un entorno común de modelos precedentes, la capacidad de representación de una amplia gama de información difusa y el tratamiento coherente y flexible de la misma. Todo ello con el ánimo de ofrecer un modelo con el que resolver cada problema de representación y manipulación de información difusa, atendiendo a la naturaleza del mismo, pudiendo modelar la consulta mediante la elección del operador de comparación y de la medida de compatibilidad difusa a emplear. Además posibilita actuar de forma selectiva sobre la precisión con que han de satisfacer las condiciones de una consulta los atributos envueltos en la misma. (...)

Nueva Arquitectura del Manejo de Sistemas de Bases de Datos Difusas, por Amel Grissa Touzi y Mohamed Ali Ben Hassine. Facultad de Ciencias de Túnez, Túnez. Universidad Túnez (Tunes). (...) Las Bases de Datos Relacionales Difusas han sido extensamente estudiadas en un nivel teórico. Desafortunadamente, las repercusiones de estas obras en el plan práctico son insignificantes. Medina et al. han desarrollado un servidor llamado FuzzySQL, apoyando consultas flexibles y basadas en un modelo teórico llamado GEFRED. Este servidor se ha programado en lenguaje PL / SQL de Oracle en los sistemas de gestión de bases de datos. Para modelar las consultas flexibles y el concepto de atributos difusos, una extensión del lenguaje SQL denominada Fuzzy SQL ha sido definida. El lenguaje FSQL extiende el lenguaje SQL, para apoyar las consultas flexibles, con muchos conceptos difusos. El FRDB se supone que ya se ha definido por el usuario. En este trabajo extendemos el trabajo de Medina et al. para presentar una nueva arquitectura de Fuzzy DBMS basado en el modelo GEFRED. Esta arquitectura se basa en el concepto de acoplamiento débil con Oracle DBMS.

Esto permite, en particular, la descripción y la manipulación del FRDB en idioma FSQL. (...)

Diseño de una Base de Datos Difusa Modelada con UML*, por Angélica Urrutia¹, Marcela Varas², José Galindo³. ¹Universidad Católica de Maule. Departamento de Computación e Informática, Chile. ²Universidad de Concepción, Departamento de Informática y Ciencias de la Computación, Chile. ³Universidad de Málaga, Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación. (...)En este artículo se presenta un diseño de una base de datos difusa en UML. Se exponen las bases conceptuales para la definición de atributos difusos según el tipo de dominio que los subyace, y los mecanismos que permiten consultar la base de datos difusa una vez creada, mediante el uso de comparadores difusos. Se utilizaron los conceptos de estereotipo y patrón provistos por UML para formalizar una propuesta que queda a disposición de los diseñadores. (...).

(...) El proceso del diseño de bases de datos se desarrolla en tres fases: diseño conceptual, diseño lógico y diseño físico. Un modelo de datos de un sistema de software está especificado en un lenguaje de modelado (UML, EER u otros). Cada modelo tiene semántica y notación, esté puede adoptar varios formatos que incluyen texto y gráficos. Rumbaugh et. al. [9] afirman que un propósito fundamental de los modelos es que permiten “captar y enumerar exhaustivamente los requisitos y el dominio de conocimiento, de forma que todos los implicados puedan entenderlos y estar de acuerdo con ellos”. Es por ello, que este trabajo se centra en la captura de aquellos datos que posean un dominio impreciso que generalmente no están representados por los modelos de datos, debido a la falta de expresividad de los lenguajes de modelación. Nuestra propuesta pretende mostrar una forma de representación de datos considerando los dominios subyacentes con la utilidad de la herramienta de diseño UML. (...)

(...) Este artículo presenta una serie de conceptos básicos de la teoría de conjuntos difusos y atributos difusos en la sección 2, con una introducción a patrones y estereotipos con UML, elementos que no son tan ampliamente difundidos como los conceptos elementales de la vista estática de UML. La sección 3 presenta las bases de nuestra propuesta para, en la sección 4, ejemplificar su uso con el desarrollo de un caso sencillo, pero generalizable a casos más complejos. Cerramos este artículo con las conclusiones y trabajo futuro. (...)

Cómo implementar FSQL y consultas prioritarias, por Aleksandar Takači, Srđan Skrbic. Facultad de Tecnología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Novi Sad, Yugoslavia. (...) Las bases de datos inteligentes son un campo en desarrollo desde principios de los noventa. El uso de números difusos para modelar información imprecisa es un concepto bien conocido. En este artículo, vamos a mostrar cómo implementar consultas FSQL que también puede manejar prioridad. FSQL es en realidad un superconjunto de SQL, por lo que las consultas que se ocupan de valores difusos deben ser pre y post procesado. (...).

(...) Un sistema de base de datos inteligente combina la funcionalidad esperada de un sistema de base de datos con mejor soporte semántico: nuevos modelos de datos y, como consecuencia, nuevas funcionalidades. Este documento trata de la aplicación de la lógica difusa en un entorno de base de datos relacional. Un modelo difuso de datos relacional puede ser utilizado para representar imprecisiones en los valores de datos. Uno de los conceptos que se utilizan para modelar información imprecisa e incierta son números borrosos y cantidades aproximadas. Como se sabe, los números difusos y cantidades se usan para modelar la información de tipo "aproximadamente 10" y "personas altas". En este artículo no vamos a discutir los detalles técnicos de la actualización de almacenamiento y eliminación de valores difusos de bases de datos relacionales (FRDB). Nuestra atención se centrará en decir FSQL cómo manejar las preguntas sobre FRDB. Además, incorporaremos prioridad en nuestras consultas, que es nuestra contribución al estado de la técnica, ya que muchos otros autores han puesto en marcha FSQL. Esto se hará mediante el uso de Priority Fuzzy Constrain Satisfaction Problem (pFCSP) (...).

3 Marco Conceptual

La información convencional es tratada con SGBD naturales conocidos y soportados con el Lenguaje Estructurado de Consultas SQL (*Structure Query Language*), sin embargo la incorporación de información imprecisa o difusa en dichas bases de datos es tratado mediante una extensión del SQL para lógicas difusas llamada FSQL o *Fuzzy SQL*. Este lenguaje nos provee de algunos conceptos y características nuevas que son utilizadas para la realización de consultas difusas.

3.1. Conjuntos Difusos

Los Conjuntos Difusos son una generalización de los (sub)conjuntos clásicos en el sentido de que amplían y permiten la descripción de nociones "vagas" e "imprecisas" así como también la notación de restricciones de los conjuntos clásicos de pertenencia o no-pertenencia absoluta al mismo. Recalamos que muchos de estos conceptos con naturaleza "imprecisa" responden a criterios subjetivos. Esto es, la definición de esa imprecisión que depende en mayor o menor medida de la persona que lo expresa. Dicha generalización nos conduce a lo siguiente:

- La pertenencia de un elemento a un conjunto pasa a ser concepto "difuso o borroso". Para algunos elementos puede no estar clara su pertenencia o no al conjunto.
- Dicha pertenencia puede ser cuantificada por un grado. Dicho grado se denomina "grado de pertenencia" del elemento al conjunto y toma un valor en el intervalo $[0,1] \in \mathbb{R}$ por convenio.

3.2. Derivados sobre Conjuntos Difusos

a) Un Conjunto Difuso:

Se define un Conjunto A sobre un universo discurso Ω (intervalo finito o infinito dentro del cual el conjunto difuso puede tomar un valor) es un conjunto de pares (véase *Figura 1.*) donde $\mu_A(x)$ se denomina grado de pertenencia del elemento x al conjunto difuso A. Este grado oscila entre los extremos 0 y 1 del dominio de los números reales:

$$A = \{ \mu_A(x) / x : x \in \Omega, \mu_A(x) \in [0,1] \in \mathbb{R} \}$$

Figura 1: A como conjunto difuso.

$\mu_A(x) = 0$ indica que x no pertenece en absoluto al conjunto difuso A.

$\mu_A(x) = 1$ indica que x pertenece totalmente al conjunto difuso A.

Si la función de pertenencia sólo produce valores del conjunto $\{0,1\}$, entonces el conjunto que genera no es difuso, sino "*Crisp*" (puede traducirse como un valor concreto, preciso).

a) Universo de Discurso

Determinado por un universo de discurso finito o discreto: (véase *Figura 2.* y *Figura 3.*)

$$\Omega = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

Figura 2: Conjunto Discreto.

$$A = \mu_1 / x_1 + \mu_2 / x_2 + \dots + \mu_n / x_n$$

Figura 3: Conjunto difuso A.

Donde μ_i representa el grado de pertenencia del elemento x_i , con $i=1,2,\dots, n$. Habitualmente los elementos con grado cero no se listan. Aquí la suma no hace el papel de la suma aritmética sino que tiene el sentido de agregación y la / no es el operador de división sino que tiene el significado de asociación de ambos valores. Y al expresar el conjunto difuso a través de su función de pertenencia en un universo de discurso infinito, así un conjunto difuso A sobre Ω puede representarse como: (véase *Figura 4.*)

$$A = \int \mu_A(x) / x$$

Figura 4: Conjunto difuso A.

b) Etiquetas Lingüísticas

Es aquella palabra, en lenguaje natural, que expresa o *identifica a un conjunto difuso*, que puede estar formalmente definido o no. Así la función de pertenencia de un conjunto difuso A, $\mu_A(x)$, expresa el grado en que x verifica la categoría especificada por A. (véase figura 5.)

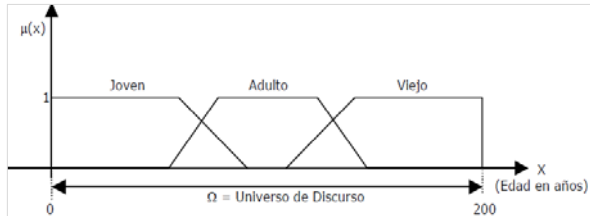


Figura 5: Gráfico que ilustra 3 etiquetas lingüísticas.

a) Comparadores Difusos

Convencionalmente conocemos los siguientes (=, <, >, etc.), sin embargo, el lenguaje FSQ, incluye los comparadores difusos (véase Tabla 1. y Tabla 2.) de Posibilidad y Necesidad. Este último se representa como los operadores de Posibilidad agregándoles una letra “N” al inicio.

Tabla 1: Comparadores Difusos de Posibilidad.

Comparador Difuso	Significado
FEQ	Posiblemente Igual
FGT	Posiblemente Mayor
FGEQ	Posiblemente Mayor o Igual
FLT	Posiblemente Menor
FLEQ	Posiblemente Menor o Igual
MGT	Posiblemente Mucho Mayor
MLT	Posiblemente Mucho Menor

Tabla 2: Comparadores Difusos de Necesidad.

Comparador Difuso	Significado
NFEQ	Necesariamente Igual
NFGT	Necesariamente Mayor
NFGEQ	Necesariamente Mayor o Igual
NFLT	Necesariamente Menor
NFLEQ	Necesariamente Menor o Igual
NMGT	Necesariamente Mucho Mayor
NMLT	Necesariamente Mucho Menor

3.2. FMB. Fuzzy Metaknowledge Base

Base de Metaconocimientos Difusos. Son un conjunto de tablas, (véase Figura 6.), en las cuales se llenan los datos que son utilizados para el propio análisis del SQL, estas tablas se generan en el código “FIRST”, que no es más que el código de instalación PLSQL que el SGBD PostgreSQL interpretará.

Tabla/Vista	Sinónimo
T. FUZZY.COL_LIST	FCL
T. FUZZY.OBJECT_LIST	FOL
T. FUZZY.LABEL_DEF	FLD
T. FUZZY.APPROX.MUCH	FAM
T. FUZZY.NEARNNESS_DEF	FND
T. FUZZY.COMPATIBLE.COL	FCC
T. FUZZY.QUALIFIERS_DEF	FQD
V. LABELS.FOR.OBJCOL	LF0C
V. LABELS.OBJCOL.T3	LOCT3
V. ALL.COMPATIBLES.T3	ACT3

Figura 6: Tablas del FIRST con sus sinónimos.

4. Experimentos y Resultados

Como se comentó al inicio del artículo, la extensión FSQ, que se posee, estaba errónea, con fallas y no actualizada. Se procedió a actualizarla, así como la migración del código SQL del Oracle 8i al PostgreSQL. Todo este proceso duró aproximadamente un mes, llegando a migrar cerca de 202 funciones SQL las cuales permiten que los datos vaciados al SGBD relacional puedan operarse difusamente arrojando información de los datos difusos ingresados.

4.1. Caso Estudio.

“Proceso de Selección de Personal RRHH.”

En este caso de estudio, se procederá a ingresar datos imprecisos al SGBD PostgreSQL con respecto a **dos factores importantes** que determinan el ingreso de postulantes en un **Proceso de Selección de Personal**, organizado por la Gerencia de Recursos Humanos en una organización. La gerencia como tal, necesita saber la **edad** y el **nivel de experiencia laboral**, de cada postulante para poder luego tomar las decisiones correspondientes.

Se tienen **dos variables** en cuestión:

a) EDAD (años)

El **Proceso de selección del Personal** involucra saber la **Edad** de los **postulantes**. La edad está definida en **años** bajo las siguientes escalas.

- **Joven:** de 18 a 26 años.
- **Adulto:** de 23 a 45 años.
- **Muy Adulto:** de 35 a 55 años.

b) EXPERIENCIA LABORAL (meses)

El **Proceso de selección del Personal** involucra saber la **Experiencia Laboral** de los **postulantes** definida en **meses** bajo las siguientes escalas.

- **Poca:** de 4 a 18 meses.
- **Regular:** de 15 a 36 meses.
- **Mucha:** de 24 a 60 meses.

Estas dos variables serán modeladas de manera difusa para que el FSQI pueda analizarlas y calcular a posteriori las precisiones correspondientes según la consulta enviada. El modelo difuso de datos imprecisos como estos, con lleva al estudio de los atributos **Fuzzy Type 2**, de la lógica difusa en FSQI; los cuáles se fusificarán formando los **trapezios probabilísticos** capaces de segmentar en **términos lingüísticos**, al universo discurso de cada variable en cuestión. (Véase la Figura 7 y 8).

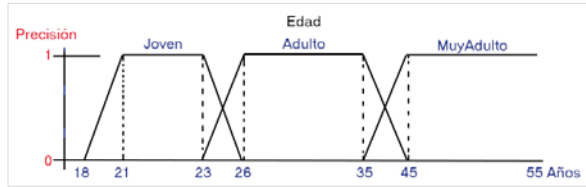


Figura 7: Fusificación de la variable **Edad**, en tres trapezios probabilísticos con sus respectivos términos lingüísticos.

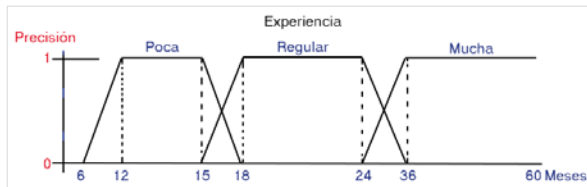


Figura 8: Fusificación de la variable **Experiencia Laboral**, en tres trapezios probabilísticos con sus respectivos términos lingüísticos.

4.2. Recolección de la Información Difusa

Una vez fusificado las variables tradicionales en variables difusas, se procede a la **Recolección de la Información Difusa**. (Véase Tabla 3).

Tabla 3: Datos imprecisos recolectados de cada postulante en el proceso de selección de personal con sus respectivas *edades* y *experiencias laborales*.

ID	Nombre	Edad	Exp. Laboral
P1	Urbina	19 años	Poca
P2	Palacios	21 años	12 meses
P3	Suárez	25 años	Entre 15 y 18 meses
P4	Agurto	24 años	Regular
P5	Torres	33 años	Regular
P6	Lopez	37 años	17 meses
P7	Guevara	Es Adulto	30 meses
P8	Valdivia	23 años	36 meses
P9	Valverde	Es Joven	Mucha
P10	Rojas	Entre 45 y 55 años	34 meses
P11	Mendoza	21 años	24 meses
P12	Quijano	Es Adulto	Mucha
P13	Osorio	35 años	23 meses
P14	Ruiz	28 años	37 meses
P15	Díaz	Es Adulto	38 meses

4.3. Creación de las tablas del FMB.

Posteriormente, luego de haber fusificado las variables e identificado los términos lingüísticos, se procede a crear las tablas del FMB (Base de Metaconocimiento Difuso), la cual permitirá identificar los *objetos*, *etiquetas lingüísticas*, *tablas* y *atributos difusos*, de nuestra base de datos difusa para su óptimo funcionamiento. La **Figura 9** muestra el ingreso de los datos difusos en las tablas **FUZZY_COL_LIST** y **FUZZY_OBJECT_LIST** de la FMB.

```
--FUZZY_COL_LIST--
--Atributos con tratamiento difuso: tipos 1,2 o 3:
insert into fuzzy_col_list values
(24,1,2,1,null,null,'seleccion_personal_edad');
insert into fuzzy_col_list values
(24,2,2,1,null,null,'seleccion_personal_experiencia');

--FUZZY_OBJECT_LIST--
--Objetos Difusos.
--Terminos lingüísticos para la variable linguistica EDAD
insert into fuzzy_object_list values (24,1,0,'joven',0);
insert into fuzzy_object_list values (24,1,1,'adulto',0);
insert into fuzzy_object_list values (24,1,2,'muyadulto',0);
--Terminos lingüísticos para la variable linguistica EXPERIENCIA
insert into fuzzy_object_list values (24,2,0,'poca',0);
insert into fuzzy_object_list values (24,2,1,'regular',0);
insert into fuzzy_object_list values (24,2,2,'mucha',0);
```

Figura 9: Nótese las inserciones en las tablas **FUZZY_COL_LIST** y **FUZZY_OBJECT_LIST**. Se identifican los objetos difusos para las escalas *fusificadas*: “*joven*”, “*adulto*” y “*muyadulto*” (para las *Edades de los postulantes*). Así como también, “*poca*”, “*regular*” y “*mucha*” (para la *Experiencia Laboral de los postulantes*).

Al ser atributos de Tipo 2 (**Fuzzy Type 2**), se realiza la inserción de sus etiquetas lingüísticas, definiendo los valores para los trapezios, los cuales permitirán generar **intervalos normalizados** para el posterior análisis de la información al momento de realizar las consultas difusas. (Véase Figura 10).

```
--FUZZY_LABEL_DEF--
--Definicion de los terminos lingüísticos
--(etiquetas lingüísticas): (Atributos para EDAD)
insert into fuzzy_label_def values (24,1,0,18,21,23,26);
insert into fuzzy_label_def values (24,1,1,23,26,35,45);
insert into fuzzy_label_def values (24,1,2,35,45,55,60);
--Definicion de los terminos lingüísticos
--(etiquetas lingüísticas): (Atributos para EXPERIENCIA)
insert into fuzzy_label_def values (24,2,0,6,12,15,18);
insert into fuzzy_label_def values (24,2,1,15,18,24,36);
insert into fuzzy_label_def values (24,2,2,24,36,60,61);
```

Figura 10: Nótese la siguiente inserción de datos en la tabla **FUZZY_LABEL_DEF**. Se insertan los valores de los trapezios probabilísticos para los dos objetos (factores) ya antes ingresados en **FUZZY_OBJECT_LIST**.

Así mismo la tabla **Difusa Principal**, es la aquella que tendrá los valores y atributos difusos para el análisis de las consultas generadas al SGBD PostgreSQL. Anteriormente se generó las tuplas en las tablas del FMB. La tabla difusa principal tiene por nombre **SELECCION_PERSONAL** (Véase Figura 11).

```
--CREACION DE TABLA DIFUSA:
CREATE TABLE seleccion_personal (
id varchar,
nombre varchar,
edad1 numeric (1) NOT NULL,
edad2 numeric (3),
edad3 numeric (3),
edad4 numeric (3),
experiencia1 numeric (1) NOT NULL,
experiencia2 numeric (3),
experiencia3 numeric (3),
experiencia4 numeric (3),
PRIMARY KEY (id));
```

Figura 11: Nótese que la tabla tiene 5 columnas por cada factor Fuzzy Tipo 2. En Este caso son **edad y experiencia**. El atributo difuso (Fuzzy T2) debe estar ubicado en la columna (x)t tales como: *edad1 y experiencia1*. Las demás columnas con números 1, 2, 3, 4, se emplearán para el almacenamiento de la información difusa por cada atributo difuso tipo 2.

4.4. Consultas Difusas

Después de haber ingresado la tabla difusa, se procedió a realizar las consultas difusas, las cuales el SGBD PostgreSQL resolverá internamente con mucha facilidad gracias a núcleo difuso FIRST. El FIRST en sus líneas de código PLSQL, se encargará de seleccionar y ordenar la información imprecisa, y arrojar los resultados de la consulta difusa. La siguiente tabla (Véase Figura 12) es la tabla difusa anteriormente ingresada en la Tabla 3. Muestra el ID del postulante, nombre, la Edad (difusa) y la Experiencia Laboral (difusa), tal y cual fueron recolectados al inicio del proceso de selección.

	id character varying	nombre character varying	Edad(años) character varying	Experiencia(meses) character varying
1	P1	Urbina	19	poca
2	P2	Palacios	21	12
3	P3	Suarez	25	[15,18]
4	P4	Agurto	24	regular
5	P5	Torres	33	regular
6	P6	Lopez	37	17
7	P7	Guevara	adulto	30
8	P8	Valdivia	23	36
9	P9	Valverde	joven	mucha
10	P10	Rojas	[45,55]	34
11	P11	Mendoza	21	24
12	P12	Quijano	adulto	mucha
13	P13	Osorio	35	23
14	P14	Ruiz	28	37
15	P15	Diaz	adulto	38

Figura 12: Tabla SELECCION_PERSONAL

Una vez ingresada la información difusa, al SGBD PostgreSQL, el usuario final, en este caso, el Gerente de Recursos Humanos, tiene la necesidad de realizar consultas difusas acerca del Proceso de Selección de Personal con el objetivo de tomar las decisiones del caso para la contratación de los postulantes. Es por ello que se creó la siguiente interfaz web, con el objetivo de consultar de una forma entendible las mismas llevadas a cabo en el SGBD PostgreSQL.

La aplicación web, tiene una conexión propia al SGBD local y puede funcionar de modo LAN, WAN para cualquier tipo de consulta normal o difusa. En la **Figura 13**, observaremos el ingreso a la interfaz web iFSQL vía internet, ésta por consiguiente se encuentra instalada en un servidor web con dominio (IP 190.81.223.120) <http://www.ourlimm.com/fsql> (Véase Figura 14)



Figura 13: Interfaz web, “iFSQL” para las consultas difusas. Dirección web: www.ourlimm.com/fsql

Usuario

Contraseña

Base de Datos

Figura 14: Acceso al Sistema de iFSQL Consultas Difusas. Usuario “postgres”, pass “602507” base de datos “postgres”

A continuación visualizaremos la consulta a la tabla SELECCION_PERSONAL desde la interfaz web iFSQL. (Véase Figura 15)

Filas Recuperadas (Tuplas): 15 Número de Columnas: 4			
ID	NOMBRE	EDAD_AÑOS	EXPERIENCIA_MESES
P1	Urbina	19	poca
P2	Palacios	21	12
P3	Suarez	25	[15,18]
P4	Agurto	24	regular
P5	Torres	33	regular
P6	Lopez	37	17
P7	Guevara	adulto	30
P8	Valdivia	23	36
P9	Valverde	joven	mucha
P10	Rojas	[45,55]	34
P11	Mendoza	21	24
P12	Quijano	adulto	mucha
P13	Osorio	35	23
P14	Ruiz	28	37
P15	Diaz	adulto	38

Figura 15: Tabla SELECCION_PERSONAL desde el iFSQL en la interfaz web.

La Gerencia de Recursos Humanos necesita saber el **grado de precisión exacta** de **TODOS** los postulantes con respecto al término lingüístico *Joven*, de la tabla SELECCION_PERSONAL. (Véase Figura 16)

“Todo el personal posiblemente Joven”

```
--I.FUZZY 2
/*Dame TODO el personal posiblemente
$Joven y sus datos difusos correspondientes.*/
select id,nombre,
fsql_functions_feq(null, null, null, 18, 3, -3, 26,24, 1,
edad1, edad1, edad2, edad3, edad4)
as "Grado-de-Precision-Joven",
fsql_functions_fshow2(24, 1, edad1, edad1, edad2, edad3, edad4)
as "Edad(DatosImprecisos)"
from seleccion_personal
```

Figura 16: FSQL para la consulta difusa.

Al ejecutar la seentencia FSQL, obtenemos como resultados los grados de precisión para el término lingüístico *Joven*. Con esta información generada, podemos saber con **EXACTITUD**, el grado de precisión que engloba el vocablo *Joven* en todos las tuplas almacenadas en el SGBD. (Véase Figura 17).

	id character varying	nombre character varying	Grado-de-Precision-Joven numeric	Edad(DatosImprecisos) character varying
1	P1	Urbina	0.33	19
2	P2	Palacios	1	21
3	P3	Suarez	0.33	25
4	P4	Agurto	0.67	24
5	P5	Torres	0	33
6	P6	Lopez	0	37
7	P7	Guevara	0.50	adulto
8	P8	Valdivia	1	23
9	P9	Valverde	1	joven
10	P10	Rojas	0	[45,55]
11	P11	Mendoza	1	21
12	P12	Quijano	0.50	adulto
13	P13	Osorio	0	35
14	P14	Ruiz	0	28
15	P15	Diaz	0.50	adulto

Figura 17: Resultado de la consulta difusa en el SGBD PostgreSQL.

Interpretación:

- El Señor Urbina tiene 19 años y es Joven en un 33% (0.33).
- El Señor Palacios tiene 21 años y es Joven en un 100% (1).
- El Señor Guevara se le considera Joven en un 50% aun siendo Adulto.
- El Señor Rojas cuya edad está entre los 45 y 55 años, no se le considera Joven (0%).

A la Gerencia de RRHH le **SOLO** le interesa saber cuáles de estos postulantes son **Jóvenes al 100%**. Esto quiere decir, con una precisión del 100% o Grado de pertenencia 1. (Véase Figura 18).

“Solo el personal posiblemente 100% Joven”

```
/*Dame SOLO el personal posiblemente 100%
$Joven y sus datos difusos correspondientes. 100% $Joven*/
select id,nombre,
fsql_functions_feq(null, null, null, 18, 3, -3, 26,24, 1,
edad1, edad1, edad2, edad3, edad4)
as "Grado-de-Precision-Joven",
fsql_functions_fshow2(24, 1, edad1, edad1, edad2, edad3, edad4)
as "Edad(DatosImprecisos)"
from seleccion_personal
where fsql_functions_feq(null, null, null, 18, 3, -3, 26,24, 1,
edad1, edad1, edad2, edad3, edad4) = 1;
```

Figura 18: FSQL para la consulta difusa

Al ejecutar la seentencia FSQL, obtenemos con **EXACTITUD**, **SOLO** las personas **Jóvenes al 100%** entre todos los postulantes (tuplas) almacenadas en el SGBD. (Véase Figura 19).

	id character varying	nombre character varying	Grado-de-Precision-Joven numeric	Edad(DatosImprecisos) character varying
1	P2	Palacios	1	21
2	P8	Valdivia	1	23
3	P9	Valverde	1	joven
4	P11	Mendoza	1	21

Figura 19: Resultado de la consulta difusa en el SGBD PostgreSQL.

Interpretación:

La Gerencia en RRHH, obtiene los datos **CON EXACTITUD** directo de la Base de Datos Relacional Difusa. Los 4 postulantes mostrados en el resultado de la consulta (Figura 19), son los que la Gerencia necesitó saber *exactamente* quienes eran los más jóvenes. (Jóvenes al 100%). Así mismo esta consulta difusa se corrió bajo la interfaz web. (Véase Figura 20). Para ello se colocó el código FSQL en el *Área de Consultas*.

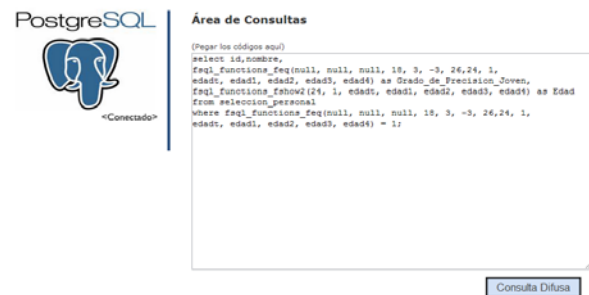


Figura 20: Área de consultas difusas.

El servidor difuso web, consultó la sentencia FSQL satisfactoriamente. (Véase Figura 21).

FSQL message			
Filas Recuperadas (Tuplas): 4			
Número de Columnas: 4			
ID	NOMBRE	GRADO_DE_PRECISION_JOVEN	EDAD
P2	Palacios	1	21
P8	Valdivia	1	23
P9	Valverde	1	joven
P11	Mendoza	1	21

Figura 21: Resultado obtenido tras la consulta difusa. *“Solo el personal posiblemente 100% Joven”*.

5. Conclusiones y trabajos futuros

1. El tratamiento de las imprecisiones es sumamente importante en todo análisis de información. Saber el grado de Precisión, ayuda al usuario a tener mejor conocimiento de sus variables, y saber cuáles exactamente son las que requiera o consulta.
2. El tratamiento de bases de datos difusas, fue un éxito tras recuperar los antiguos códigos sql tanto de la FMB, como las funciones en PLSQL que realizan los cálculos respectivos para calcular los grados de pertenencia entre dos o más grupos de datos.
3. El tratamiento de las imprecisiones es sumamente importante en todo análisis de información. Saber el grado de Precisión, ayuda al usuario a tener mejor conocimiento de sus variables, y saber cuáles exactamente son las que requiera o consulta.
4. Este paradigma de tratamiento de arquitecturas mediante FSQL, ayudan en cualquier tipo de caso de estudio haciendo flexible, útil y escalable al *datamining*, así como también convirtiéndola en una herramienta potencial para la toma de decisiones en la organización
5. El FSQL, si bien es cierto tiene muchas funciones sub alternas que permiten diversos resultados, funciona correctamente desde la aplicación web.
6. Los resultados de la prueba fueron confiables e iguales a los que el Dr. Galindo, propuso en su tesis doctoral, así como también los resultados en las nuevas aplicaciones que los autores presentan.
7. Como trabajo futuro, queda pendiente la migración del código FSQL del *FIRST* al SGBD Oracle 11g, para su mejor desenvolvimiento y desarrollo en nuevos sistemas funcionales. Así mismo el código generado en PostgreSQL se seguirá explotando para mayores funciones en conexión con su interfaz web.

[Galindo03] Visual FSQL: Gestión visual de bases de datos difusas en Oracle a través de internet usando FSQL, por José Galindo Gómez, 2003. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación. Universidad de Málaga. España

[Takači99] New Architecture of Fuzzy Database Management Systems, by Amel Grissa Touzi and Mohamed Ali Ben Hassine. Faculty of Sciences of Tunis, Tunisia University Tunisia (Túnes). How to Implement FSQL and Priority Queries, by Aleksandar Takači, Srđan Škrbić. Faculty of Technology, Faculty of Natural Sciences, University of Novi Sad, Yugoslavia.

[Medina08] Barranco, C.D., Campaña, J.R., & Medina, J.M. (2008). Towards a Fuzzy Object-Relational Database Model. In Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases, Vol. II, pp. 435-461.

[Galindo06] Galindo, J., Urrutia, A., Piattini, M. (2006). Fuzzy Databases: Modeling, Design and Implementation. Idea Group Publishing Hershey, USA.

[Medina et al 95] Medina J.M., Pons O., Vila A. (1995). FIRST. A Fuzzy Interface for Relational Systems. VI International Fuzzy Systems Association World Congress (IFSA 1995). Sao Paulo, Brasil.

[Sepúlveda09] Sepúlveda, A. (2009). Tratamiento de la imprecisión en BD difusas extensión de la FIRST 2 bajo software Libre. Seminario de Título, Universidad Católica del Maule, Chile.

[Urrutia08] Urrutia, A., Tineo, L., & Gonzalez, C. (2008). FSQL and SQLf: Towards a Standard in Fuzzy Databases. In Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases, Vol. I, pp. 270-298.

Referencias bibliográficas

[Galindo99] Dr. José Galindo (1999) Tratamiento de la Impresión en Bases de Datos Relacionales: Extensión del Modelo y Adaptación de los SGBD actuales.

[Miroslav11] Moroslav Hudec "Fuzzy Improvement of the SQL" Instituto de Informáticos y Estadistas. Slovakia, Bratislava.

[Galindo99] J. Medina Rofríguez A. Vila Miranda Dpto. Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Universidad Granada, España.