



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL  
LITORAL**

**Instituto de Ciencias Matemáticas**

**Ingeniería en Estadística Informática**

**“Análisis de la Satisfacción de Servicios Usando  
Lógica Difusa: Caso Centros de Enseñanza de Inglés”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

**Presentada por:**

**Winston Antonio España Mindiolaza**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2007**

# **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia, amigos y a los profesionales que prestaron su valiosa colaboración. Sólo por mencionar algunos nombres: Daniela, Jefferson, Aurora, César.

# **DEDICATORIA**

**A Mirian**

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Robert Toledo  
PRESIDENTE

---

Mat. César Guerrero  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Pablo Alvarez  
VOCAL

---

Ph.D. Francisco Vera  
VOCAL

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

---

Winston España Mindiolaza

## RESUMEN

Esta investigación presenta una metodología de análisis de atributos usando números difusos para estudiar la satisfacción frente a un servicio percibido. Se analizó la satisfacción de los servicios del Centro de Lenguas Extranjeras (CELEX) estudiando las variables categóricas subyacentes y sus comportamientos difusos, obteniendo como resultados las funciones de pertenencia de cada una y a través de éstas últimas, la estimación general de satisfacción. La escala de Likert empleada está basada en números difusos poligonales y en la teoría de conjuntos difusos como un nuevo método para superar algunos problemas lingüísticos o de ambigüedad de conceptos. Esta investigación se llevó a cabo entre los meses de agosto y octubre del año 2006, se desarrolló un cuestionario para recolección de los datos, se diseñó un muestreo aleatorio simple y un nivel de confianza del 95% para la muestra. Se presentan gráficos explicativos de las funciones de pertenencia difusas.

## INTRODUCCIÓN

El tema desarrollado es un análisis de satisfacción que emplea técnicas de números difusos para estimar el nivel de satisfacción de los servicios, el mismo que se realiza en base a las percepciones recogidas a los individuos entrevistados a través de un cuestionario doble. El caso de estudio es el CELEX (Centro de Lenguas Extranjeras).

El Capítulo I hace referencia a la medición de la satisfacción de los servicios, modelos de estimación de éstos, así como una crítica al uso de técnicas paramétricas empleadas en este tipo de estudios. El Capítulo II aborda los aspectos básicos generales de los números difusos y proporciona una breve descripción de los conceptos teóricos elementales.

En el Capítulo III se hace una descripción del caso de estudio y se determinan el tamaño muestral, las variables empleadas y su codificación. Adicionalmente se comentan aspectos generales del cuestionario y los problemas encontrados en las entrevistas. El Capítulo IV desarrolla la metodología de análisis planteada en este trabajo. Se hace el análisis completo de una variable ejemplo y luego se generaliza la metodología para

las demás variables y se presenta el resumen al final del capítulo. Se muestran gráficos explicativos en cada caso.

Por último en el Capítulo V se presentan las respectivas conclusiones y recomendaciones. Las conclusiones son los puntos que resaltan de la investigación; las recomendaciones se sustentan en las conclusiones, en los resultados obtenidos y en la observación realizada a lo largo del proceso de investigación.



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
SIMBOLOGÍA	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
INTRODUCCIÓN	1

## CAPÍTULO I

<b>I. SOBRE LA MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE SERVICIOS, VARIABLES LINGÜÍSTICAS Y ESCALAS</b>	3
1. 1 Definición del tema de tesis	3
1.2 Antecedentes de los Análisis de Satisfacción	4
1.3 Crítica a análisis preceptuales que utilizan estadística clásica	5
1.4 Consideraciones importantes al medir la satisfacción del cliente	6
1.5 Modelos de medición de la satisfacción	7

1.5.1	<i>Modelo Servqual</i>	7
1.5.2	<i>Modelo Servperf</i>	8
1.5.3	<i>Propuestas sobre los modelos de medición</i>	9
1.6	Tipos de variables	10
1.7	Variables lingüísticas	11
1.7.1	Utilidad de las variables lingüísticas	12
1.7.2	Definición formal de Variable Lingüística	13
1.8	Las escalas	14
1.8.1	Problemas con las escalas	15
1.8.2	Equilibrio de las escalas	16
1.9	Tipos de escalas	17
1.9.1	Nominales	18
1.9.2	Ordinales	19
1.9.3	De intervalo	19
1.9.4	De razón o proporción	19
1.10	Escalas de actitud tipo Likert	21

## CAPITULO II

<b>II. ASPECTOS BÁSICOS GENERALES DE LA LÓGICA DIFUSA</b>	<b>23</b>
2.1 Introducción	23
2.2 Qué es la lógica difusa	25
2.3 Conjuntos difusos	25
2.3.1 Definición de Conjunto difuso	26
2.4 Números difusos	27
2.4.1 Números difusos triangulares (NDT)	27
2.4.2 Números difusos trapezoidales (NDTr)	28
2.4.3 Números difusos poligonales (NDP)	29
2.5 Operaciones con números difusos	29
2.5.1 Operaciones con números difusos triangulares	30
2.5.2 Operaciones con números difusos trapezoidales	30
2.6 Orden parcial de los números difusos	31
2.6.1 Máximo de dos números difusos	31
2.6.2 Mínimo de dos números difusos	31
2.6.3 Distancia entre dos números difusos	32
2.6.4 Criterios de ordenamiento	33
2.7 Relaciones difusas	34
2.7.1 Forma conjuntista	35
2.7.2 Forma matricial	36
2.7.3 Forma de grafo	36

2.7.4 Operaciones básicas con relaciones difusas	37
2.8 Lógica difusa	38
2.8.1 Modificadores lingüísticos	38
2.8.2 Reglas de composición para proposiciones difusas	39
2.8.3 Implicación semántica	40
2.9 Diagrama general del proceso	41

### **CAPITULO III**

<b>III. CASO DE ESTUDIO, MUESTRA Y VARIABLES EMPLEADAS</b>	<b>42</b>
3.1 Caso de estudio: CELEX	42
3.2 Unidades de estudio. Tamaño de muestra. Tipo de muestreo	44
3.3 Definición de las variables utilizadas	46
3.4 Codificación de las variables	47
3.5 Instrumento de medición	48
3.6 Problemas en las entrevistas	49
3.7 Depuración de datos	49

## **CAPITULO IV**

<b>IV. DESARROLLO Y METODOLOGÍA PLANTEADA</b>	<b>51</b>
4.1 Metodología de trabajo	51
4.1.1 Diseño del cuestionario, selección del tamaño de la muestra	52
4.1.2 Equilibrio de las escalas y etiquetas lingüísticas	52
4.1.3 Muestreo y aplicación de encuestas dobles	53
4.1.4 Depuración y estandarización de los datos.	54
4.1.5 Resultados gráficos	56
4.1.6 Estimación de la función de pertenencia	64
4.1.7 Indicadores de Satisfacción	65
4.2 Resumen de los análisis de las variables	66

## **CAPITULO V**

<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>74</b>
5.1 Conclusiones	74
5.2 Recomendaciones	76

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

## SIMBOLOGÍA

$\mu$	Función de Pertenencia
$s^2$	Varianza Muestral
$n$	Tamaño muestral
$Z_{\alpha/2}$	Coficiente de confianza dado por la distribución normal estándar
$N$	Tamaño de la población

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 4.1	Respuestas a la etiqueta lingüística “Muy bueno” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX	57
GRÁFICO 4.2	Respuestas a la etiqueta lingüística “bueno” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX	58
GRÁFICO 4.3	Respuestas a la etiqueta lingüística “regular” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX	59
GRÁFICO 4.4	Respuestas a la etiqueta lingüística “malo” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX	60
GRÁFICO 4.5	Respuestas a la etiqueta lingüística “malo” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX	62
GRÁFICO 4.6	Promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX	63
GRÁFICO 4.7	Promedio de las funciones de pertenencia de las variables relacionadas con la satisfacción del CELEX	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I	Ilustración del proceso en un sistema difuso	41
Tabla II	Coefficientes para cálculo muestral	45
Tabla III	Comparación de los resultados obtenidos del análisis de las variables difusas	67
Tabla IV	Comparación de los gráficos obtenidos del análisis de las variables difusas	69
Tabla V	Tabla de indicadores de satisfacción	71



# **CAPÍTULO I**

## **I. SOBRE LA MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE SERVICIOS, VARIABLES LINGÜÍSTICAS Y ESCALAS**

### **1.1 Definición del tema de tesis**

La presente tesis ha sido propuesta con el título “Análisis de la satisfacción de los servicios utilizando lógica difusa”.

Lo que se desea lograr con el presente trabajo es desarrollar una metodología que permita medir la satisfacción de determinados servicios, en un caso de estudio específico, utilizando la teoría de números difusos con el fin de comparar los resultados obtenidos con otros que pudiesen encontrarse por otros métodos o técnicas.

La iniciativa surge de la necesidad de obtener información lo más cercana posible a la percepción de los individuos y a la preocupación subyacente en investigaciones que hacen uso indiscriminado de variables de naturaleza cualitativa con escalas tipo Likert. Muchas investigaciones presentan

resultados de encuestas de satisfacción que emplean escalas cualitativas y a la vez utilizan métodos estadísticos paramétricos para su tratamiento, como si fuese lo mismo analizar una variable cualitativa y una cuantitativa. Esto constituye un error ya que la teoría establece condiciones que deben cumplirse para no obtener resultados absurdos. Los análisis de variables cualitativas merecen un tratamiento especial, uno de éstos es que el se presenta en este trabajo.

## **1.2 Antecedentes de los análisis de satisfacción**

Los análisis de satisfacción surgen paralelamente con la necesidad de obtener información que permita conocer la percepción de los individuos. Esta necesidad puede orientarse ya sea con fines psicológicos, sicométricos, comerciales, etc. Se han ido desarrollando técnicas y métodos para medir o estimar dicha percepción.

Medir la satisfacción del cliente también es una herramienta que orienta las decisiones, pero a pesar de que dar satisfacción al cliente suele ser la razón de ser de muchas empresas, es común que no se mida. Quienes miden la satisfacción del cliente, es porque están comprometidos con sus clientes. Quien tiene este compromiso, busca en los mínimos cambios estadísticos de las evaluaciones, la razón, la causa, la explicación a las opiniones de los clientes.

### **1.3 Crítica a análisis perceptuales que utilizan estadística clásica**

En los análisis de satisfacción normalmente se emplean variables categóricas (ordinales o nominales), es decir variables de naturaleza cualitativa. Las variables cualitativas no pueden promediarse y no deben ser analizadas suponiendo que la codificación le da el carácter de cuantitativas. Existen modelos apropiados para explicar variables categóricas como la Regresión Logística, las Variables Latentes, Análisis de Homogeneidad, Análisis de Contingencia, etc. Sin embargo no es raro observar que a menudo que pasa por alto esta consideración.

A modo de ejemplo pueden mencionarse los estudios que se realizan para medir la de satisfacción de los estudiantes con respecto a los profesores. Al observar a simple vista los formularios o cuestionarios se puede notar que la mayoría de las variables empleadas son cualitativas en escala ordinal. Concretamente son escalas de Likert. En este tipo de investigaciones no cabe el uso de modelos estadísticos clásicos debido a que las variables que intervienen son cualitativas y no cuantitativas.

Existe una gran cantidad de técnicas estadísticas para el tratamiento de variables cuantitativas, la mayoría de las cuales se basa en la distribución Normal. Por mencionar pocos ejemplos tenemos los Análisis Exploratorios Univariados y Bivariados, Análisis de Componentes Principales, Análisis de

Conglomerados, Regresión Lineal, etc. El estudio y análisis de las variables cualitativas exige un tratamiento más cuidadoso debido a que contienen mucha información subjetiva. Hay mucha literatura que discute y aborda el tema de cómo medir la percepción y la subjetividad en estudios de opinión como por ejemplo el Análisis de Brechas muy utilizado en el Marketing. El empleo de estadística clásica en variables categóricas desbordaría en resultados que arrojen poca información y, en el peor de los casos, resultados absurdos o poco convincentes.

El presente trabajo emplea 11 variables cualitativas y se realiza un análisis amparado en la teoría de lógica difusa. Para el análisis de estas 11 variables se tratará de encontrar funciones de membresía que permitan cuantificar el grado de pertenencia de cada ítem con el nivel de satisfacción.

#### **1.4 Consideraciones importantes al medir la satisfacción del cliente**

“La satisfacción del cliente es la medida perceptual de lo que la empresa hace”.

La premisa de que “la realidad es la que se percibe”, suele ser mal apreciada por las áreas afectadas. Por eso, medir la satisfacción con recursos internos, es un riesgo que debe controlarse para no engañarse. Además es común que las opiniones del cliente no coincidan con los indicadores internos.

Al medir la satisfacción, se debe estar consciente de que conseguir metas planteadas al interior, no implica forzosamente que el cliente las percibe. Como la medida de la satisfacción del cliente es un resultado perceptual, es válido pedirle a nuestros propios clientes que evalúen a nuestros competidores, también es válido obtener evaluaciones comparativas “contra el mercado”.

### **1.5 Modelos de medición de la satisfacción**

Existen muchos modelos para la evaluación de la calidad percibida por los clientes, aunque los dos principales y en los que podemos decir que se basan el resto son: el modelo SERVQUAL y el modelo SERVPERF.

#### **1.5.1 Modelo Servqual**

El modelo Servqual fue desarrollado por Zeithalm, Parasuraman y Berry en 1988. El modelo es un instrumento para medir la calidad de un servicio universal, se basa en un cuestionario con 22 ítems agrupados en 5 categorías, aplicables prácticamente a cualquier servicio. Las categorías son:

- *Tangibilidad*: se refiere a las facilidades físicas, materiales y aspecto del personal.
- *Fiabilidad*: la capacidad para cumplir con lo prometido y hacerlo sin errores.

- *Capacidad de Respuesta*: es la voluntad de ayuda a los clientes y proporcionar un servicio rápido y ágil.
- *Seguridad*: conocimiento y profesionalidad de los empleados y su capacidad para inspirar confianza y seguridad.
- *Empatía*: la atención esmerada e individualizada.

El modelo mide la calidad percibida de un servicio como la diferencia entre las percepciones reales por parte de los clientes del servicio y las expectativas que sobre éste se han ido formando previamente. Por eso se le pregunta dos veces al cliente por cada uno de los ítems, primero se les pregunta por sus expectativas y después por las percepciones. En cada ítem se calcula la diferencia entre la percepción y las expectativas, dando lugar a la medida Servqual.

### **1.5.2 Modelo Servperf**

El modelo Servperf fue desarrollado por Cronin y Taylor en 1992, por medio de un estudio empírico realizado en 8 empresas de servicios, de este estudio deducen que el modelo Servqual no es el más adecuado para medir la Calidad del Servicio. Este modelo utiliza los mismos ítems que el modelo Servqual, pero se diferencia de éste en que no obliga al encuestado a responder dos veces a cada ítem.

El modelo Servqual en teoría es correcto, pero en la práctica no da buenos resultados. Principalmente por la dificultad de los entrevistados para verbalizar sus expectativas. Éstas son siempre muy elevadas, discriminando poco entre los distintos ítems, por ello el modelo Servperf utiliza exclusivamente la percepción como mejor aproximación a la satisfacción.

Realmente cuando se pregunta al usuario, en una escala de valoración, su expectativa sobre algo, ésta siempre es muy elevada, raro es que alguien declare abiertamente que esperaba que el servicio fuera muy malo, especialmente cuando ya lo ha experimentado. En ocasiones se pregunta la expectativa antes de acceder al servicio (al entrar en una oficina, por ejemplo) y se pregunta la percepción después, en este caso mejora algo la calidad de las opiniones recibidas, pero duplicamos el costo de la investigación.

### **1.5.3 Propuestas sobre los modelos de medición**

Después de lo desarrollado anteriormente puede decirse que el mejor modelo para la medición es uno basado en el modelo Servperf, utilizando sólo la percepción como mejor aproximación a la satisfacción de los clientes.

Por otra parte, y como ya se ha indicado, los aspectos concretos que se sometan a valoración, en definitiva, los ítems que formen parte de la escala

de valoración, deben ser el resultado de un estudio previo de expectativas realizado mediante la aplicación de técnicas cualitativas que posibiliten la definición de los atributos del servicio y su importancia desde la perspectiva de los usuarios.

### **1.6 Tipos de variables**

Para empezar se define qué es una variable. Una variable no es más que “cualquier característica observable de algo que es susceptible de tomar distintos valores o de ser expresado en categorías”

La clasificación de las variables puede efectuarse en función de diversos criterios. Aquí se presentan los mas relevantes en relación con los estudios de opinión, puesto que la naturaleza de las variables que estemos utilizando condiciona las escalas a utilizar y sobre todo las pruebas estadísticas que se pueden aplicar.

Una primera tipología de variables es la que distingue entre variables cualitativas y variables cuantitativas. Las variables cualitativas no pueden medirse numéricamente, únicamente pueden expresarse mediante categorías, por ejemplo la nacionalidad, el sexo, el nivel de estudios, etc. A su vez pueden ser, en función del número de categorías que admiten,



dicotómicas cuando solo presentan dos categorías y politómicas cuando presentan más de dos categorías.

Ejemplos de variables cuantitativas, son la estatura, la edad, las distancias, las temperaturas, los habitantes de una ciudad, etc. Las variables cuantitativas a su vez, pueden ser continuas o discretas. Las variables continuas pueden adoptar cualquier valor a lo largo de un rango. Por ejemplo la estatura o el peso; en general los valores que adoptan estas variables son el resultado de una medición. Las variables discretas, por el contrario solo pueden adoptar determinados valores enteros finitos; por ejemplo la variable “número de personas por hogar”; ya que se pueden observar 1, 2, 5...  $n$  personas por hogar pero nunca 1,5 personas por hogar. Generalmente en el ámbito de las encuestas de opinión las variables que se emplean estarán medidas en escala nominal, ordinal o de intervalo.

### **1.7 Variables lingüísticas**

La habilidad humana de comunicarse mediante definiciones vagas o inciertas es un atributo importante de la inteligencia. Una Variable Lingüística es aquella variable cuyos valores son palabras u oraciones (proposiciones) que van a enmarcarse en un lenguaje predeterminado (no son números). A menudo se quiere escribir el estado de un objeto o fenómeno. Para ello

usamos una variable cuyo valor hace la descripción. Ejemplos: temperatura, limpieza, sabiduría.

Una variable lingüística admite que sus valores sean etiquetas lingüísticas, que son términos lingüísticos definidos como conjuntos difusos (sobre cierto dominio subyacente). Para estas variables lingüísticas se utilizará un nombre y un valor lingüístico sobre un Universo de Discurso. Además, podrán dar lugar a sentencias generadas por reglas sintácticas, a las que se les podrá dar un significado mediante distintas reglas semánticas.

La Teoría de Conjuntos Difusos puede utilizarse para representar expresiones lingüísticas que se utilizan para describir conjuntos o algoritmos. Los Conjuntos Difusos son capaces de captar por sí mismos la vaguedad lingüística de palabras y frases comúnmente aceptadas, como "gato pardo" o "ligero cambio".

### **1.7.1 Utilidad de las variables lingüísticas**

Es una forma de comprimir información llamada *granulación* (*granulation*).

Una etiqueta, o variable lingüística, incluye muchos valores posibles.

- Ayuda a caracterizar fenómenos que están mal definidos o son complejos de definir o ambas cosas.

- Es un medio de trasladar conceptos o descripciones lingüísticas a descripciones numéricas que pueden ser tratadas automáticamente:  
Relaciona o traduce el proceso simbólico a procesos numéricos.
- Usando el principio de extensión, muchas herramientas ya existentes pueden ser extendidas para manejar variables lingüísticas, obteniendo las ventajas de la lógica difusa en gran cantidad de aplicaciones.

### 1.7.2 Definición formal de Variable Lingüística

Definición formal (Zadeh, 1975): Es un conjunto de 5 elementos:

$\langle N, U, T(N), G, M \rangle$

- N es el nombre de la variable y U dominio subyacente.
- T(N) es el conjunto de términos o etiquetas que puede tomar N.
- G es una gramática para generar las etiquetas de T(N): “muy alto”, “no muy bajo”, “extremadamente normal”, “bajo y normal”, “muy satisfactorio”, etc.
- M es una regla semántica que asocia cada elemento de T(N) con un conjunto difuso en U de entre todos los posibles:

$$M: T(N) \rightarrow F(U)$$

## **1.8 Las escalas**

De los escasos instrumentos de carácter cuantitativo que podemos emplear en la evaluación, sin duda las escalas de actitudes son las más importantes y de mayor aplicación. Las escalas están formadas por ítems de tipo cognitivo (ideas y creencias), ítems afectivos (sentimientos y afectos) e ítems conductuales (actitud manifiesta).

Ya se ha indicado que las escalas son una herramienta que sirve para medir o cuantificar información, también permitirán sintetizar información para que sea más fácil utilizarla, si además se efectúa un análisis estadístico mejoraremos notablemente esa información. Una aclaración importante es que se puede aplicar una escala de manera aislada o bien formando parte de un cuestionario mas amplio en el que junto a la dimensión que estemos analizando incluyamos otros aspectos que se desee investigar.

Las escalas que habitualmente se utilizan en estudios de satisfacción son escalas sociométricas que miden actitudes. Una actitud es “un cierto movimiento observable hacia un objeto o una situación”. Dentro de las actitudes se incluyen aspectos como los sentimientos, los prejuicios, las preferencias, los temores, etc. Podemos distinguir entre actitudes puramente físicas (las reacciones físicas, corporales frente a un determinado estímulo) y

emocionales. Las respuestas verbales constituyen lo que se denomina opinión.

Al diseñar una escala lo que se hace es reunir todos los aspectos o elementos que se considera relacionados con esa actitud que se quiere medir. Cada uno de los aspectos o elementos que integran una escala se denomina ítem. A cada ítem se le asigna un valor numérico. Este valor puede establecerse por quien diseñe la escala o bien obtenerse de manera experimental. La asignación de un valor numérico a cada ítem es lo que permite cuantificar el grado en que se da esa actitud en cada sujeto.

### **1.8.1 Problemas con las escalas**

Debe tenerse en consideración que el procedimiento de escalamiento también presenta algunos inconvenientes que es preciso no olvidar. En primer lugar, la presunción de invariabilidad y estabilidad de significado de los cuantificadores lingüísticos; y por otro lado, el aspecto relacionado con el nivel de medida alcanzado por la escala de respuestas. En este sentido, señala Spector (1976) que el criterio de selección de los cuantificadores se realiza sobre bases no más sólidas que el hábito o la imitación asumiéndose que, además de estar ordenados por su intensidad, se ajustan a escalas de intervalos. Sin embargo, un gran número de autores afirma que se

encuentran sólo a un nivel ordinal de medida (Hartley, Trueman y Rodgers, 1984; Lee Rasmussen, 1989; González, Lameiras y Varela, 1990; Meek, Sennot-Miller y Ferketich, 1992; Wills y Moore, 1994; Schriesheim y Castro, 1996, etc).

Bajo el supuesto de que tan solo se alcance el nivel ordinal encontramos el problema de que los datos derivados de tales respuestas no pueden ser sumados o promediados, como exige el análisis de ítems y, en consecuencia, el uso de técnicas de estadística clásica resultaría muy comprometido. La práctica habitual resuelve este problema asignando números enteros ordenados a los cuantificadores y tratándolos posteriormente como si de una escala de intervalos se tratase, lo cual no tiene suficientes bases lógicas y, en menor medida, matemáticas.

Si ciertamente estos conjuntos no se ajustan a una medida de intervalos, como tradicionalmente se asume, parece absolutamente necesario desarrollar nuevos conjuntos de cuantificadores que sí alcancen dicho nivel de medida.

### **1.8.2 Equilibrio de las escalas**

La Teoría de la Respuesta a los Ítems (TRI) constituye un nuevo enfoque en la teoría de los tests que permite resolver ciertos problemas de la medición

psicológica, inatacables desde la Teoría Clásica de los Tests (TCT). Desde la perspectiva clásica la técnica mayormente usada en las Ciencia Sociales y de la Salud para la medición de las actitudes son las escalas tipo Likert. En los últimos cinco años, la base EBSCO, especializadas en publicaciones científicas en el ámbito de la Psicología y la Sociología, recoge más de 3000 en las que se trabaja con escalas de tipo Likert, ya sea como instrumento de medida y recogida de datos, ya como objeto de investigación la escala en sí misma.

Por otro lado, son muy pocas las investigaciones que se han llevado a cabo para ver la incidencia que el número de alternativas de respuesta de los ítems de una escala tiene sobre las propiedades psicométricas en el ámbito de la TRI.

Es habitual encontrarse con escalas de evaluación de 3, 5, 7, 9, etc. Pero lo aconsejable, incluso sugerido por el mismo Likert es usar una escala de 5 ítems. Sin embargo si se usa otra escala, siempre es aconsejable que sea impar.

### **1.9 Tipos de escalas**

Una cuestión importante es que se utiliza el término escala para denotar tres cosas distintas:

- Escala de medida de una variable: nominal, ordinal, intervalo o razón.
- Escala como el conjunto de ítems que pretende medir una actitud, en nuestro caso la satisfacción con el servicio.
- Escala como el criterio que utilizamos para asignar un valor a cada uno de los ítems y medir de esta manera la intensidad de la actitud que estemos analizando.

Existen múltiples métodos para el análisis de las actitudes, al igual que existen diversas formas de concebirlas. Se presentan cuatro tipos diferentes de escalas.

### **1.9.1 Nominales**

Consisten en la clasificación de algún objeto en dos o más categorías (por ejemplo. Si / No). En este tipo de escala el orden de las categorías carece de importancia. Pues, lo único que nos proporcionan es la equivalencia de los individuos en relación a los objetos. De este modo no podemos diferenciar a los individuos en base al grado en que poseen un atributo sólo sabremos si lo poseen o no.



### **1.9.2 Ordinales**

Esta escala se basa en el orden de los objetos, aunque no nos aporta ninguna idea sobre la distancia que existe entre ellos, nos permite clasificar a los individuos en función del grado en que poseen un cierto atributo. Por ejemplo, si en una determinada pregunta hacemos contestar con las categorías: a) totalmente de acuerdo, b) de acuerdo, c) indiferente o neutro, d) en desacuerdo y e) totalmente en desacuerdo, tenemos ordenados los individuos en base a estas categorías, pero no sabemos cuál es la distancia que separa a un sujeto que ha contestado "de acuerdo", de otro que ha contestado "en desacuerdo". En resumen, con este tipo de escala conseguimos ordenar, aunque no dispongamos de una unidad de medida para saber las distancias que separan a los individuos.

### **1.9.3 De intervalo**

Las escalas de intervalo poseen atributos de orden y distancia o estimación precisa de las unidades; pero carecen de origen o cero natural. Sirven para clasificar y ordenar las categorías, asignando números. Esta escala es utilizada frecuentemente para variables cualitativas.

### **1.9.4 De razón o proporción**

Esta escala ofrece mayor información que la anterior que comparte similares características pero además contempla un cero absoluto, lo cual permite

interpretar proporciones, pues al asignar el valor cero a un individuo objeto de estudio quiere decir que no tienen ninguna unidad o valor de esa categoría. Esta escala es muy empleada en variables cuantitativas.

Las mediciones se realizan sobre las variables según se ha dicho. Contar y medir no significan lo mismo. Contar alude al acto de determinar frecuencias en que se presentan ciertas unidades de análisis. Medir se refiere a las propiedades cuantitativas de las unidades que se analizan.

Para Cohen y Nagel (1979), los números pueden tener por lo menos tres usos distintos. Como rótulos o marcas de identificación; como signos que indican la posición de un grado en una serie de grados; o como signos que indican las relaciones cuantitativas entre cualidades. De lo dicho se desprende que sólo la última de las acepciones relaciona el número con la medición.

Esta forma de concebir los números conduce a una clasificación de variables o escalas en función de los atributos que presenta una serie numérica. Dichos atributos son, el orden, la distancia y el origen.

Las escalas nominales carecen de todas estas propiedades, y en este caso el número sólo puede adoptarse como nombre o identificación. Las escalas

ordinales, como su nombre lo indica, sólo poseen orden, es decir que organizan sus datos a través de las relaciones de igualdad, mayor o menor. Las escalas interválicas poseen atributos de orden, distancia o estimación precisa de las unidades. Pero carecen de origen o cero natural, o ausencia de la propiedad. No obstante estas escalas acuden a la utilización del cero convencional.

### **1.10 Escalas de actitud tipo Likert**

La presentación de este método de calificaciones sumadas para la medición de actitudes fue desarrollada por R.Likert en 1932, partiendo de una encuesta, sobre relaciones internacionales, relaciones raciales, conflicto económico, conflicto político y religión, realizada entre 1929 y 1931 en diversas universidades de EEUU. (LIKERT,R. 1932).

La escala de Likert es una de las más utilizadas en la medición de actitudes. Inspirándose probablemente en la teoría factorial de aptitudes de Spearman, confeccionó un método sencillo por la simplicidad de su confección y aplicación; acusando al método de Thurstone de ser excesivamente laborioso, sin que sepamos por ello que funcione mejor que otras técnicas más sencillas, su técnica ofrece ventajas de construcción. Entre estas ventajas se encuentra una más amplia posibilidad de respuestas, también se

evita el recurso a los jueces, sin que esto repercuta en la alta correlación que mantiene con otros métodos para medir actitudes.

Bajo la perspectiva de considerar las actitudes como un continuo que va de lo favorable a lo desfavorable, esta técnica, además de situar a cada individuo en un punto determinado, lo que es rasgo común a otras escalas, tiene en cuenta la amplitud y la consistencia de las respuestas actitudinales.

La escala utiliza enunciados o proposiciones, es decir afirmaciones, sobre las que se tiene que manifestar el individuo. Las escalas de Likert permiten ponderar datos de varias opciones en una sola variable.

# CAPITULO II

## II. ASPECTOS BÁSICOS GENERALES DE LA LÓGICA DIFUSA

En el presente capítulo se hace una breve reseña de la lógica difusa y cómo se inició; los principales conceptos que la componen y los diferentes campos en los que empezó a ser aplicada.

### 2.1 Introducción

La mayoría de los fenómenos que se presentan en la naturaleza no son necesariamente determinísticos. Los fenómenos tienen implícito cierto grado de imprecisión en su naturaleza y ésta imprecisión puede estar relacionada con la forma, tiempo, espacio, estructura, modo, etcétera, del fenómeno.

La lógica clásica presenta dos formas categóricas de “calificar” una proposición; que son por ejemplo, “falso” o “verdadero”. Pero ¿qué sucede cuando un fenómeno en la naturaleza presenta características que no admiten una evaluación tan categórica, estricta y determinista? Por ejemplo si nos encontramos frente a la situación de “juzgar” sobre si un individuo de

1,74 m. de estatura es alto o bajo. ¿Podremos concluir que es alto? ¿o que no lo es? Para esta situación, la clásica lógica que conocemos no nos da una respuesta satisfactoria y convincente. Este problema lo resuelve la lógica difusa.

La lógica difusa permite manejar, definir, aclarar, procesar cierto tipo de situaciones, proposiciones o datos en los cuales se hallen implícitas características de interés inexactas, imprecisas o subjetivas.

La lógica difusa apareció en la mitad de la década de 1960 como una disciplina que cambiaba los conceptos de la lógica clásica o tradicional. Un profesor de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación de la Universidad de California, Lofti A. Zade, introdujo este concepto en 1965 en sus trabajos de sistemas complejos no lineales.

Desde su aparición muchas publicaciones han ido surgiendo para explicar sus conceptos teóricos fundamentales y sus aplicaciones, especialmente desde los años ochenta cuando las aplicaciones basadas en lógica difusa experimentaron un gran éxito. La lógica borrosa es una rama de la inteligencia artificial aunque su aplicación es muy amplia. Desde las ciencias sociales, economía, investigaciones de mercados, ingeniería, etc.

## **2.2 Qué es la lógica difusa**

Puede decirse que la lógica clásica es un caso particular de la lógica difusa. O dicho de otro modo, la lógica difusa es una extensión de la lógica clásica. Debe aclararse que no es la lógica en sí a lo que se denomina "difusa" o "borrosa" sino a la definición del concepto a que se aplica. Algunos la llaman por esta razón "lógica de los enunciados vagos" o "lógica de los enunciados difusos".

Por lo tanto esta lógica tiene que ver mucho con el lenguaje que usamos. Un lenguaje usado de manera imprecisa, poco clara, es lo que podemos llamar "lenguaje vago" o "lenguaje difuso".

Cuando una persona responde a un cuestionario o a preguntas de respuestas múltiples como las escalas de likert nos encontramos con un caso que puede ser abordado por la lógica difusa.

## **2.3 Conjuntos difusos**

De acuerdo con la teoría clásica de los conjuntos, un objeto pertenece o se halla fuera de un conjunto. No existe la situación intermedia. No existen los miembros parciales de un conjunto. Un ejemplo que habitualmente se utiliza para esta situación es el de la estatura de las personas. De acuerdo con la lógica clásica se considera que una persona es alta a partir de determinada

estatura, por ejemplo 1,80 m.; lo que, según esa dicotomía puede llevar a calificar de baja a una persona de 1.79 m. En cambio, según la lógica difusa, puede existir una pertenencia parcial. Así, en el caso anterior, si la gradación de pertenencia se estableciera entre 0 y 1, el porcentaje de pertenencia sería del 99.45%. La lógica difusa admite la pertenencia parcial de un elemento a un determinado conjunto y permite las transiciones graduales entre ser plenamente miembro de un conjunto o no serlo en absoluto. Si un elemento es parcialmente miembro de un conjunto, al mismo tiempo, también es parcialmente no miembro del mismo conjunto. Dado que la lógica difusa permite la pertenencia y la no pertenencia de un elemento a un conjunto (aunque no simultáneamente), puede considerarse como una generalización de la teoría clásica de los conjuntos.

### 2.3.1 Definición de Conjunto Difuso

Sea  $X$  un conjunto no vacío. Un conjunto difuso  $A$  en  $X$  está caracterizado por su función de pertenencia  $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$  y  $\mu_A$  es interpretado como el grado de pertenencia del elemento  $x$  en el conjunto  $A$ . Para todo  $x \in X$ .

$$A = \{(u, \mu_A(u)) / u \in X\}$$

Frecuentemente se escribe  $A(x)$  en lugar de  $\mu_A$ . La familia de todos los conjuntos difusos en  $X$  se denota por  $\mathcal{F}(X)$ .

Si  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  es un conjunto finito y  $A$  es un conjunto finito en  $X$ , entonces a menudo se nota



$A = \mu_1/x_1 + \dots + \mu_n/x_n$  donde el término  $\mu_i/x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  significa que  $\mu_i$  es el grado de pertenencia del elemento  $x_i$  en  $A$  y el signo “+” representa la unión.

Se define  $\alpha$  – corte o intervalo  $\alpha$  – nivel, notado por  $A_\alpha$

$$A_\alpha = \{ x / x \in \mathbb{R}, \mu_A(x) \geq \alpha \}; \quad \alpha \in [0, 1]$$

## 2.4 Números difusos

Un número difuso se define como un conjunto difuso sobre  $U = \mathbb{R}$  que sea convexo y normalizado.

Puede tomar la forma más variada, pero analizaremos los números difusos más útiles en las aplicaciones.

### 2.4.1 Números difusos triangulares (NDT)

Se los puede caracterizar por la forma,

$$A = (a_1, a_M, a_2), \quad a_1 \leq a_M \leq a_2$$

Notas:

1. Un número difuso se dice que es continuo si su función de pertenencia es continua.
2. Un número difuso  $A$  se dice que es positivo, si y solo si  $\mu_A(x) = 0$ , para todo  $x < 0$ .

3. Un número difuso  $\in o A$  se dice que es negativo, si y solo si  $\mu_A(X)=0$ , para todo  $X>0$ .
4. Los números reales y los intervalos en  $\mathbb{R}$  pueden tratarse como casos particulares de números difusos.

Un número difuso triangular se puede expresar como  $\alpha$  - cortes.

En forma general los segmentos izquierdo y derecho de un número difuso, que se denotan, respectivamente por  $A^i = (a_1, a_M, a_M)$ , y  $A^d = (a_M, a_M, a_2)$ , también se consideran números triangulares, en su orden números triangulares izquierdo y derecho.

#### 2.4.2 Números difusos trapezoidales (NDTr)

En forma similar se lo puede caracterizar por el cuarteto,

$$A = (a_1, b_1, b_2, a_2), \quad a_1 \leq b_1 \leq b_2 \leq a_2$$

Notas:

1. Un NTD puede considerarse un caso particular de un NTDr en el cual  $b_1 = b_2 = a_M$ .

Es decir,  $(a_1, a_M, a_2) = (a_1, a_M, a_M, a_2)$ ,

2. El número trapezoidal derecho,  $A^d$ ,  $A^d = (b_1, b_1, b_2, a_2)$  y representa “pequeño”
3. El número trapezoidal izquierdo  $A^i$ ,  $A^i = (b_1, b_1, b_2, a_2)$  y representa “grande”

4. Las interpretaciones dadas en las notas 2 y 3 son “estrictas”
5. Un número trapezoidal también puede expresarse con  $\alpha$  - cortes.

$$A_\alpha = [ a_1 ( \alpha ), a_2 ( \alpha ) ], \quad A_0=[a_1, a_2 ] \quad A_1=[b_1, b_2 ]$$

### 2.4.3 Números difusos poligonales (NDP)

Las nociones dadas anteriormente pueden generalizarse siempre y cuando sean de utilidad práctica y no complique su manipulación.

Ejemplo:  $A = (a_1, a_2, a_3, a_{M1}, a_{M2}, a_6)$ ,  $a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_{M1} \leq a_{M2} \leq a_6$

Nota: Se debe tener cuidado con los  $A_{\alpha 1}$  pues dependen de los segmentos de corte. En general se podrán dar funciones de pertenencia de cualquier forma, pero su aplicación es engorrosa.

También, en todos los casos se puede trabajar con números simétricos respecto a su recta especial  $X=X_0$ .

### 2.5 Operaciones con números difusos

Las operaciones entre conjuntos difusos se puede definir de dos maneras, aunque equivalentes: mediante intervalos de confianza y, la otra, con base en el principio de extensión, que expresa: Sea  $f$  un función de  $X$  en  $Y$  y  $A$  un

subconjunto de difuso X. Es posible obtener un nuevo subconjunto difuso  $\beta = f(A)$  y Y tal que:

### 2.5.1 Operaciones con números difusos triangulares

Dados dos NDT de  $\mathbb{R}$  :  $A = (a_1, a_M, a_2)$ ,  $B = (b_1, b_M, b_2)$ ,

Suma.  $A (+) B = (a_1+b_1, a_M+b_M, a_2+b_2)$

Diferencia.  $A (-) B = (a_1-b_2, a_M - b_M, a_2 - b_1)$

Complemento.  $A^- = (-a_2, -a_M, -a_1)$

Producto de un escalar por NTD

$K.A = (\min(ka_1, ka_2), ka_M, \max(ka_1, ka_2))$ , para todo  $k \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$

Notas:

1. En los cuatro casos el resultado es un NDT
2. Con el producto, la división, el máximo, el mínimo, en general, no resultan NDT.

### 2.5.2 Operaciones con números difusos trapezoidales

Dados dos NDT $\mathbb{R}$ :  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$   $B = (b_1, b_2, b_3, b_4)$

✓ **Suma**  $A (+) B = (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3, a_4+b_4)$

✓ **Diferencia**  $A (-) B = (a_1- b_4, a_2- b_3, a_3- b_2, a_4+b_1, )$

✓ **Complemento**  $\bar{A} = (-a_4, -a_3, -a_2, -a_1)$

- ✓ **Producto de un escalar por un NDT**  $k.A = (\min(ka_1, ka_4), \min(ka_2, ka_3), \max(ka_2, ka_3), \max(ka_1, ka_4))$ , para todo  $k \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$

Notas:

1. En el cuarto caso, el resultado es un NDT
2. Con el producto, el máximo, el mínimo, en general no resultan NDT.

Ejemplos

En  $\mathbb{R}$ ,  $A = (1, 3, 5)$ ,  $B = (-1, 2, 4)$ .  $A (+) B = (0, 5, 9)$

$A = (-1, 0, 2, 3)$ ,  $K = -2$ .  $-2A = (-6, -4, 0, 2)$

## 2.6 Orden parcial de los números difusos

Es conocido que en  $\mathbb{R}$  se tiene un orden total con la relación " $\leq$ " o " $\geq$ ". Sin embargo esta propiedad no se puede extender a los números difusos.

### 2.6.1 Máximo de dos números difusos

Sean  $a$  y  $b$  dos números difusos continuos en  $\mathbb{R}$  y  $A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$  y  $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$   $\alpha \in [0, 1]$ , sus respectivos intervalos de confianza.

$\max(A, B) = A \vee B$  tiene los  $\alpha$ -cortes.

$\max(A_\alpha, B_\alpha) = [\max(a_1(\alpha), b_1(\alpha)), \max(a_2(\alpha), b_2(\alpha))]$

### 2.6.2 Mínimo de dos números difusos

Sean  $A$  y  $B$  dos números difusos continuos en  $\mathbb{R}$  y  $A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$  y  $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$  sus respectivos intervalos de confianza, con  $\alpha \in [0,1]$

$\min(A, B) = A (\wedge) B$  tiene los  $\alpha$ -cortes.

$$\min(A_\alpha, B_\alpha) = [\min(a_1(\alpha), b_1(\alpha)), \min(a_2(\alpha), b_2(\alpha))]$$

Con las ideas anteriores:  $A \leq B \Leftrightarrow A (\wedge) B = A$  o  $A (\vee) B = B$ .

Consecuentemente  $A$  y  $B$  son no comparables si no se cumplen las relaciones:

$$A \leq B \text{ o } B \leq A$$

### 2.6.3 Distancia entre dos números difusos

Siguiendo las notaciones anteriores, definiremos:

#### Distancia a izquierda

$$d_i(A, B) = \int_0^1 |a_1(\alpha) - b_1(\alpha)| d\alpha$$

#### Distancia a derecha

$$d_d(A, B) = \int_0^1 |a_2(\alpha) - b_2(\alpha)| d\alpha$$

#### Distancia entre $A$ y $B$

$$d(A, B) = d_i(A, B) + d_d(A, B)$$

En cada caso representa las áreas comprendidas entre las curvas de la izquierda y las áreas entre las curvas de la derecha.

Nótese que se obtienen triángulos, cuyas áreas son fáciles de calcular. Una interpretación parecida se tiene para número difusos trapezoidales.

## **2.6.4 Criterios de ordenamiento**

### **2.6.4.1 Distancia al máximo o al mínimo**

Puede ser tedioso el cálculo. Si se elige el máximo de  $n$  números borrosos  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , denotando  $A_M$  y se calcula  $d(A_M, A_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$ . El número  $A_i$  cuya distancia  $A_M$ , sea menor se la considera el mayor número difuso. Se elimina este número y se procede a calcular las distancias  $d(A_j, A_M)$ ,  $j = 1, \dots, n-1$ . Sigue el proceso hasta ordenar todos. Si se obtienen dos números difusos con distancias iguales, se escoge otro criterio. Si se toma el mínimo  $A_M$  se ordena en forma similar.

### **2.6.4.2 Distancia al umbral**

Algo más simple que el anterior. Se toma el número real que sea el umbral superior o inferior de los números difusos de interés y se calcula la distancia de cada uno de ellos al umbral propuesto y se procede como en el criterio anterior.

### 2.6.4.3 Criterio para NDT

Dado el NTD positivo  $A = (a_1, a_2, a_3)$ , se define su presentación a la expresión.

$$\bar{a} = (a_1 + 2a_2 + a_3) / 4$$

Esta representación es  $1/2 d(O, A)$ . Si  $B = (b_1, b_2, b_3)$ , el criterio afirma que

$$(a_1 + 2a_2 + a_3) / 4 < (b_1 + 2b_2 + b_3) / 4 \Rightarrow A < B$$

Si se tiene dos NTD diferentes con la misma representación, debe usarse otro criterio, por ejemplo, ordenar según  $a_2$ . Si el NTD no es positivo, se debe hacer una traslación para que todos NDT sean positivos.

### 2.6.4.4 Criterio para NDTr

Si  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ ,  $B = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ , y  $\bar{a} = 1/4 (a_1, a_2, a_3, a_4)$ ,

$$(a_1 + a_2 + a_3 + a_4) / 4 < (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) / 4 \Rightarrow A < B$$

Se aplican las mismas indicaciones que para los NDT.

## 2.7 Relaciones difusas

Consideremos dos conjuntos universos  $U_1$  y  $U_2$ . Sean  $A$  y  $B$  subconjuntos de  $U_1$  y  $U_2$ , respectivamente. Una relación difusa  $R$ , en  $A \times B$ , se define por el conjunto de tríos ordenados.



$$R = \{((x,y), \mu_R(x,y)) / (x,y) \in A \times B, \mu_R(x,y) \in [0,1]\}$$

Notas:

1.  $\mu_R$  es la función de pertenencia, definida en 2 variables.
2.  $\mu_R(x,y)$  representa el grado de pertenencia de  $(x,y)$
3.  $\mu_R$  puede ser discreta o continua por tramos que describe una superficie.
4. Una relación difusa  $R$  esta caracterizada por su función de pertenencia.
- 5.

$$\mu_R: E \text{ A x B} \rightarrow [0,1]$$

$$(x,y) \mapsto \mu_R(x,y)$$

6.  $\mu_R(x,y)$  indica el grado en el que  $x$  esta relacionado con  $y$
7. Ejemplo de relaciones lingüísticas que pueden ser descritas por

relaciones difusas son:

- $x$  es mas grande que  $y$
- $x$  es cercana a  $y$
- $x$  e  $y$  son casi iguales
- $x$  es de mas alto riesgo que  $y$

Una relación difusa puede ser escrita de tres formas: Conjuntista, con un grafo o matricial.

**2.7.1 Forma conjuntista:** Como en la expresión dada en la definición, es decir, especificando en ternas los  $(x,y) \in A \times B$  y los valores de  $\mu_R(x,y)$ :

Ejemplo 9.  $A = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$  ,  $B = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4\}$

$R = \{((1,1),1), ((1,2),0.5), ((1,3),0.2), ((1,4),0), ((2,1),0.5), ((2,2),1), ((2,3),0.5), ((2,4),0.4), ((3,1),0.2), ((3,2),0.2), ((3,3),0.5), ((3,4),0.5), ((4,1),0), ((4,2),0.2), ((4,3),0.5), ((4,4),1)\}$

Si se toma  $X_1 = Y_1 = 1$ ,  $X_2 = Y_2 = 2$ ,  $X_3 = Y_3 = 3$ ,  $X_4 = Y_4 = 4$ , se pueden representar en  $R^3$ .

**2.7.2 Forma matricial:** Una relación difusa R puede ser representada por la matriz:

**R:**

<b>X / Y</b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>2</sub></b>	<b>Y<sub>3</sub></b>	<b>Y<sub>4</sub></b>
<b>X<sub>1</sub></b>	1	0,5	0,2	0,1
<b>X<sub>2</sub></b>	1	1	0,5	0,2
<b>X<sub>3</sub></b>	0	0,5	1	0,5
<b>X<sub>4</sub></b>	1	0,2	0,5	1

Donde:  $\mu_R(x_i, y_j) = r_{ij}$

### 2.7.3 Forma de grafo

La relación difusa R se puede expresar también como un grafo dirigido con un conjunto de vértices  $A \cup B$  en cuyos arcos  $(x_i, y_j)$  se asignan los valores  $\mu_R(x_i, y_j)$  de la función de pertenencia.

### 2.7.4 Operaciones básicas con relaciones difusas

Sobre  $A \times B$ , consideremos dos relaciones difusas  $R_1$  Y  $R_2$

$$R_1 = \{((x,y), \mu_{R_1}(x,y)) / (x,y) \in A \times B\}$$

$$R_2 = \{((x,y), \mu_{R_2}(x,y)) / (x,y) \in A \times B\}$$

**Igualdad:** Se dice que las relaciones  $R_1$  Y  $R_2$ , son iguales,  $R_1 = R_2$ , si y solo si para todo  $(x,y) \in A \times B$ .

$$\mu_{R_1}(x, y) = \mu_{R_2}(x, y)$$

**Inclusión:** Se dice que  $R_1$  esta contenida en  $R_2$  O  $R_1$  es subconjunto de  $R_2$  ,  $R_1 \subseteq R_2$  , si para cada par  $(x,y) \in AXB$ .

$$\mu_{R_1}(x, y) \leq \mu_{R_2}(x, y)$$

Nota:,  $R_1 \subset R_2$  ,  $R_1$  es subconjunto propio de  $R_2$ , si y solo si  $R_1 \subseteq R_2$  y  $R_1 \neq R_2$

**Unión:** La unión de  $R_1$  y  $R_2$   $R_1 \cup R_2$  se define por

$$\mu_{R_1 \cup R_2}(x, y) = \max\{\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(x, y)\}, \quad (x,y) \in AXB.$$

**Intersección:** La intersección de  $R_1$  y  $R_2$  ,  $R_1 \cap R_2$  se define por

$$\mu_{R_1 \cap R_2}(x, y) = \min\{\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(x, y)\}, \quad (x,y) \in AXB.$$

**Complemento:** El complemento de  $R$ ,  $\check{R}$  se define por

$$\mu_{\check{R}}(x, y) = 1 - \mu_R(x, y) \text{ para cualquier par } (x, y) \in A \times B.$$

## 2.8 Lógica difusa

La lógica difusa generaliza a la lógica clásica a dos valores, donde se usan variables lingüísticas del lenguaje natural. Como se ha dicho antes, una variable lingüística es aquella cuyos valores son palabras u oraciones en lenguajes naturales o artificiales. Las variables: verdad, riesgo, ganancia, calidad, demanda, ingresos, gastos, inversión, plazo, precio, interés, juegan un papel importante en las aplicaciones

### 2.8.1 Modificadores lingüísticos

Sea  $x \in U$  y  $A$  un conjunto difuso con función de pertenencia  $\mu_A(x)$ .

Tomemos  $m$  un modificador lingüístico, por ejemplo: NO, MUY, POCO.

#### 2.8.1.1 Reglas de composición para proposiciones difusas

Denotemos con  $mA$  al conjunto difuso  $A$  modificado con función de pertenencia  $\mu_{mA}(x)$ .

Los más usados son:

NO:  $\mu_{noA}(x) = 1 - \mu_A(x)$ .

MUY:  $\mu_{muyA}(x) = [\mu_A(x)]^2$

POCO:  $\mu_{pocoA}(x) = [\mu_A(x)]^{1/2}$

## 2.8.2 Reglas de composición para proposiciones difusas

La verdad de una proposición  $p$  en la lógica difusa se expresa por su grado de pertenencia.

- $x$  es  $A$  – proposición en forma canónica
- $x$  es  $mA$  – proposición modificada
- si  $x$  es  $A$ , entonces  $y$  es  $B$  - proposición condicional

Sean

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in A \subset U_1\}$$

$$B = \{(y, \mu_B(y)) / y \in B \subset U_2\}$$

Se definen las proposiciones por:

$$P = x \text{ es } A \quad q = y \text{ es } B$$

**Conjunción**  $p \wedge q$ . El valor de verdad de  $p \wedge q$  se define por

$$\nu(p \wedge q) = \mu_{A \times B}(x, y), \quad (x, y) \in A \times B$$

**Disyunción**  $p \vee q$ . El valor de verdad de  $p \vee q$  se define por:

$$\nu(p \vee q) = \mu_{A \times B}(x, y), \quad (x, y) \in A \times B$$

**Implicación**  $p \rightarrow q$ . El valor de verdad de  $p \rightarrow q$  se define por:

$$\nu(p \rightarrow q) = \min(1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)), \quad (x, y) \in A \times B$$

Notas:

- Hay otras definiciones para la implicación
- Los valores de verdad de reglas de composición son respetadas por relaciones difusas

### 2.8.3 Implicación semántica

Sean  $A$  y  $B$  conjuntos difusos con respecto a un mismo conjunto universo  $U$ .

Tomemos

$$P = x \text{ es } A \qquad q = y \text{ es } B$$

$P$  implica semánticamente  $q$ ,  $p \rightarrow q$  si y solo si

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(y), \quad x \in U$$

Ejemplo:  $p$  = un conductor es adepto a la muy alta velocidad

$q$  = un conductor es adepto ala alta velocidad.

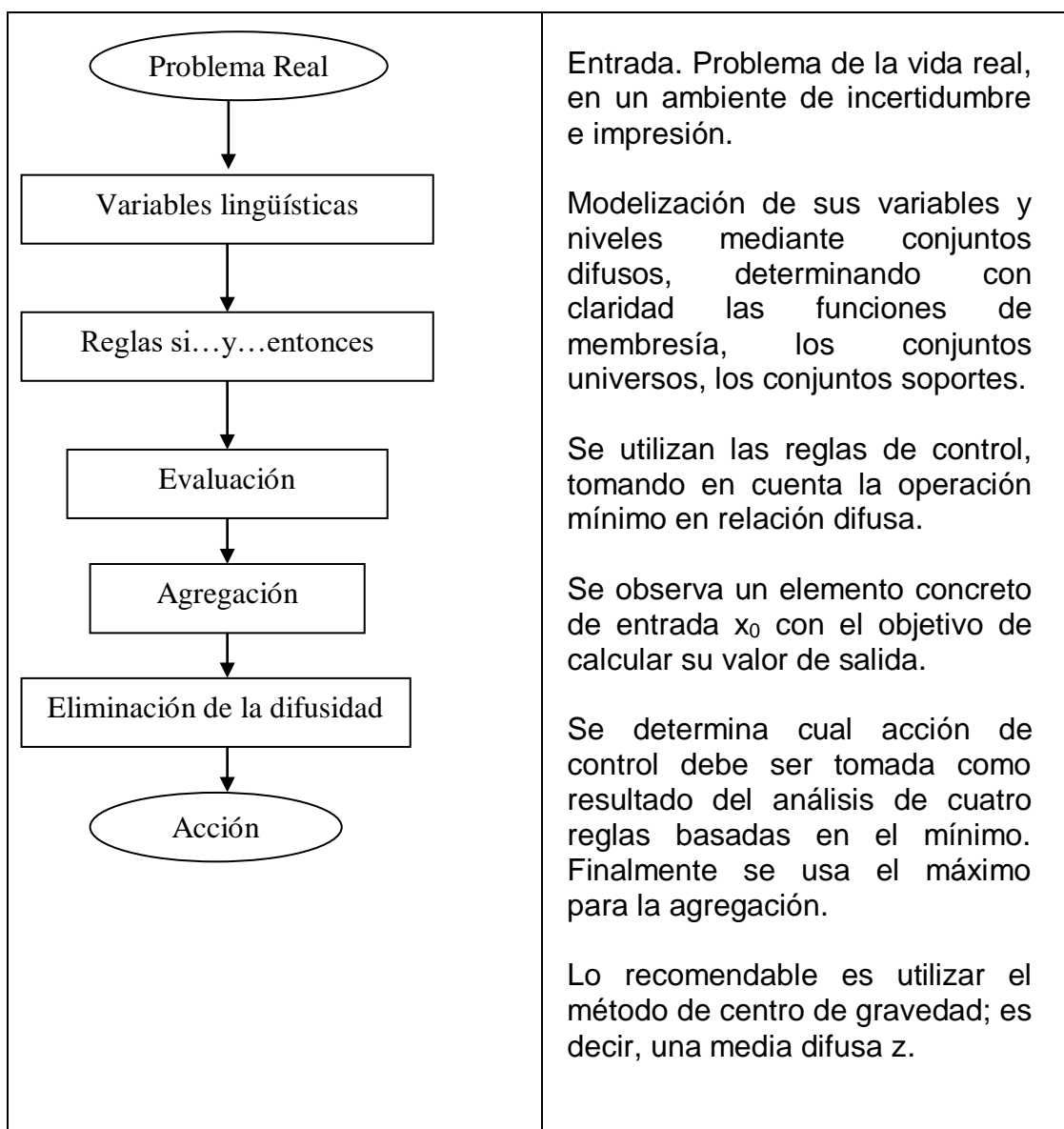
Se tiene:  $p$  implica semánticamente  $q$

El concepto anterior se puede generalizar para algunas proposiciones.

$$p \rightarrow q \rightarrow r$$

## 2.9 Diagrama general del proceso

**TABLA I. ILUSTRACIÓN DEL PROCESO EN UN SISTEMA DIFUSO**



(Fuente: Horna, L. 2006)

# **CAPÍTULO III**

## **III. CASO DE ESTUDIO, MUESTRA Y VARIABLES EMPLEADAS**

En este capítulo se hace una breve descripción del caso de estudio, el Centro de Lenguas Extranjeras. Además se definen las unidades estudiadas, el tamaño de la muestra seleccionada y el tipo de muestreo utilizado. Adicionalmente se definen el tipo y naturaleza de las variables empleadas y una descripción de los problemas encontrados en el proceso de las entrevistas. Por último se menciona el proceso de depuración de los datos.

### **3. 1 Caso de estudio: CELEX**

Para la presente tesis se eligieron varias instituciones de servicios en el sector educativo de idioma inglés en Guayaquil que pudiesen servir para recolectar datos y analizarlos. Sin embargo ninguna aceptó la solicitud excepto el Centro de Lenguas Extranjeras (CELEX). Esta institución presta servicios de enseñanza de idioma inglés.

El CELEX es una unidad académica de la ESPOL con énfasis en la



vinculación con el sector externo. Tiene como objetivos principales:

- a) La enseñanza de idiomas en los estudios universitarios de tercer y cuarto nivel;
- b) Satisfacer las necesidades de aprendizaje de idiomas de los estudiantes de las diferentes carreras de la ESPOL de acuerdo a los requisitos específicos establecidos en cada pensum;
- c) Enseñar idiomas a estudiantes politécnicos y particulares para que puedan desarrollarse profesional, académica y personalmente, a través de una comunicación efectiva;
- d) Capacitar a los estudiantes politécnicos y particulares para la obtención de certificados internacionales de idiomas para Usos Específicos (ESP por sus siglas en inglés);
- e) Dotar a profesores con las habilidades y conocimientos necesarios para realizar investigación en el área de enseñanza de idiomas, a través de programas de postgrado en enseñanza de inglés y otros idiomas;
- f) Mejorar la calidad de la enseñanza de idiomas a nivel regional por medio de la capacitación a profesores de idiomas, tanto de la ESPOL como de otras instituciones públicas o privadas; y,
- g) Participar en redes nacionales e internacionales de enseñanza de idiomas.

### **3.2 Unidades de estudio. Tamaño de muestra. Tipo de muestreo**

Se define como unidades de estudio a los estudiantes registrados en el CELEX en el mes de Agosto del 2006. Los estudiantes registrados son aquellos que habiendo cumplido con todos los requisitos y prerrequisitos exigidos por la institución, han sido formalmente inscritos en alguno de los cursos regulares que se dictan en el CELEX.

El tamaño de muestra seleccionado según los análisis correspondientes es de 200 unidades, de una población aproximada de 1000 estudiantes. Es decir se entrevistaron a 200 estudiantes del CELEX en el período comprendido entre el mes de agosto del 2006.

Se realizó un muestreo aleatorio simple tomando como marco muestral los listados de los estudiantes registrados en el CELEX en la fecha señalada, mismos que fueron proporcionados por la Dirección del CELEX.

El error de diseño o error de muestreo es de 0.09 (9%) y el nivel de confianza seleccionado para el presente estudio es del 95%. Un error de diseño o de muestreo más pequeño implicaba mayor costo económico en la encuesta. Se seleccionó una variable de interés para la prueba piloto, ésta es la variable relacionada con el servicio administrativo.

La expresión matemática para el cálculo del tamaño de la muestra para un error relativo de muestreo y un coeficiente de confianza dados (considerando que se estima proporción), es:

$$n = \frac{NQZ_{\alpha/2}^2}{P(N-1)e^2 + Z_{\alpha/2}^2 Q} \quad ; \text{ donde}$$

$n$  = tamaño de la muestra;  $N$  = población

$P$  = proporción de casos favorables;  $Q = 1 - P$

$Z_{\alpha/2}$  = Coeficiente de confianza dado por la distribución normal estándar

$e$  = error relativo (prefijado)

En la siguiente tabla se resumen los valores correspondientes para cada coeficiente

**TABLA II – COEFICIENTES PARA CALCULO MUESTRAL**

Parámetro	valor
P	0.65
Q	0.35
$Z_{\alpha}$	1.96
e	0.09

El valor asociado a  $P$  (0.65) corresponde a la estimación previa realizada en una prueba piloto de 50 observaciones. El valor de  $Z_a$  corresponde a un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ). El valor de  $e$  (0.09) representa el error relativo del muestreo que se establece a criterio del investigador. El tamaño de la muestra obtenido es de 200 observaciones.

### **3.3 Definición de las variables utilizadas**

A continuación se definen las variables que se utilizaron en el caso de estudio. Las dos primeras variables tienen un carácter informativo (sexo y edad). Las variables restantes son de naturaleza cualitativa. Estas variables son ordinales con escalas tipo Likert de cinco ítems.

- Sexo
- Edad

De aquí en adelante las variables son cualitativas ordinales, medidas con escalas de Likert de 5 ítems.

- En general considero que el servicio administrativo que ofrece la institución es
- En general considero que la infraestructura de las aulas o salones de clases es
- En general considero que el nivel académico de la institución es

- En general considero que la preparación que los profesores demuestran en clases es
- El trato de los empleados administrativos de la institución al momento de proveer un servicio es
- La calidad de la educación es representativa del costo que se paga
- Los laboratorios y equipos audiovisuales son apropiados y cómodos para el aprendizaje
- Los profesores cumplen con las expectativas previstas al inicio del curso
- Las evaluaciones son representativas de lo estudiado en clases
- En general, con respecto a los servicios de la institución, puedo concluir que me encuentro

En el Anexo 1 se muestra el formulario completo.

### **3.4 Codificación de las variables**

La presente investigación emplea una metodología de encuestas dobles. En este proceso los individuos entrevistados adjudican un valor subjetivo a cada ítem de las escalas planteadas en las variables.

La variable sexo es una variable dicotómica que se codifica tomando dos valores; cero o uno, según sea masculino o femenino.

La variable edad es una variable de naturaleza cuantitativa que representa la edad, en números enteros, de los individuos entrevistados.

Como se dijo anteriormente, las variables restantes son categóricas, con escalas de Likert de 5 ítems. Cada variable, dependiendo la característica de interés que desea investigar, tiene ítems adecuados al propósito de la pregunta. Es decir los ítems que conforman las escalas de Likert pueden ser distintos de una variable a otra. Al momento de llenar el cuestionario el entrevistado adjudica, a criterio suyo, un valor entre uno y diez a cada ítem de cada variable, que servirá como valor de codificación para los análisis posteriores.

### **3.5 Instrumento de medición**

El instrumento de medición utilizado fue un formulario. Dicho formulario fue diseñado empleando variables categóricas para medir satisfacción de servicios. Tal como se dijo anteriormente, el formulario suministrado para recopilar la información para este estudio se realizó con escalas de Likert de 5 ítems de forma doble. Es decir en primer lugar se pidió al entrevistado que marque una opción (ítem) y luego que asigne un peso a cada uno de los ítems de manera congruente, de acuerdo a su percepción sobre la proposición que se plantea.

En el Anexo 1 se muestra el formulario completo.

### **3.6 Problemas en las entrevistas**

Para realizar el presente trabajo se realizaron gran cantidad de entrevistas. El cálculo estadístico del tamaño de la muestra ascendió a 200 observaciones. Sin embargo para obtener las 200 observaciones muestrales válidas se tuvieron que realizar alrededor de 500 entrevistas.

Uno de los principales inconvenientes presentados en el proceso de las entrevistas fue que los entrevistados se mostraban renuentes a colaborar. Un segundo problema encontrado fue que los entrevistados no encontraban familiaridad con el formulario propuesto. Esto podría explicarse debido a que el cuestionario requería una doble contestación, una para la elección de los ítems y otra para la cuantificación de éstos.

La gran cantidad formularios mal llenados originó gran cantidad de respuestas no válidas, razón que conllevó a realizar un sobre-muestreo.

### **3.7 Depuración de datos**

En toda investigación donde se utilice muestreo estadístico los datos deben ser sometidos a un proceso de depuración de los datos. En el presente caso de estudio los datos fueron codificados y posteriormente graficados por

variables. Una vez encontrado el patrón general de comportamiento de cada variable, con su respectiva escala, se eliminaron los datos que no eran coherentes con dicho comportamiento. En general la depuración consistió en eliminar de la muestra a las observaciones que presentaban un comportamiento atípico o que se hallaban muy alejadas del promedio.

Todo este proceso de depuración permite obtener resultados más confiables debido a que se eliminan datos que podrían contaminar la muestra seleccionada y por lo tanto los resultados que se obtengan de ésta.



# **CAPÍTULO IV**

## **IV. DESARROLLO Y METODOLOGÍA PLANTEADA**

En este capítulo se expone la metodología empleada en el proceso de investigación, recolección de los datos y el procesamiento de éstos para determinar los resultados del trabajo. Al mismo tiempo constituye una propuesta ya que no corresponde a otras metodologías establecidas comúnmente. Al final del capítulo se presenta un resumen de los resultados de todas las variables.

### **4.1 Metodología de trabajo**

A continuación se desarrolla una descripción del proceso metodológico desde la aplicación de las encuestas dobles hasta los resultados representados con gráficos. Se desarrolla un análisis sobre el equilibrio de las escalas empleadas. Para ilustrar la aplicación de la metodología empleada se utiliza la primera variable del cuestionario como ejemplo, la cual se refiere al servicio administrativo; de tal manera que el análisis se extiende de la misma forma para las demás variables. Los pasos propuestos son los siguientes:

- 1) Diseño del cuestionario, selección del tamaño de la muestra.
- 2) Equilibrio de las escalas y etiquetas lingüísticas
- 3) Muestreo y aplicación de encuestas dobles.
- 4) Depuración y estandarización de los datos.
- 5) Resultados gráficos
- 6) Estimación de la función de pertenencia
- 7) Indicadores de Satisfacción

#### **4.1.1 Diseño del cuestionario y selección del tamaño de la muestra**

Esta sección se encuentra ampliamente detallada en el capítulo 3 donde se abordan los temas de muestreo, variables, codificación, etc. El diseño del cuestionario debe ser conciso y de fácil comprensión para los entrevistados y la muestra debe ser estadísticamente seleccionada. Para este caso particular el cuestionario consta de diez variables de interés; el tamaño de la muestra asciende a 200 observaciones con un nivel de confianza del 95% y un error de diseño del 9%.

#### **4.1.2 Equilibrio de las escalas y etiquetas lingüísticas**

En la sección 1.6 del capítulo 1 se realiza una exposición sobre el tema de las escalas y la importancia del equilibrio en ellas. En el presente caso se utiliza una escala de Likert por considerarse la más apropiada dentro del conjunto de opciones existentes. Se utilizan 5 ítems debido a que éste

número permite mantener el equilibrio necesario al responder una proposición, ya que si se utilizaran más ítems podría resultar muy extenso para el entrevistado y si se utilizan 3 ítems se recurre a una posible pérdida de información importante.

En el presente trabajo se ha tenido en cuenta factores tales como las expresiones (la redacción clara y sencilla de las proposiciones en el cuestionario), la ubicación de los cuantificadores (ítems de las proposiciones), el contexto, el uso cuidadoso de las palabras, especialmente los adverbios (muy malo, muy de acuerdo, muy en desacuerdo, muy satisfecho). Se realizaron pruebas para determinar las etiquetas lingüísticas que mejor representen las experiencias de los entrevistados, debido a que no es apropiado utilizar términos o etiquetas de manera arbitraria. Las etiquetas corresponden a las respuestas “bueno”, “muy bueno”, “insatisfactorio”, “muy de acuerdo”, etc. En el anexo 1 se muestra el cuestionario que evidencia las distintas etiquetas lingüísticas empleadas en cada variable.

#### **4.1.3 Muestreo y aplicación de encuestas dobles**

El muestreo realizado es probabilístico donde cada elemento de la población representado en el marco muestral tiene igual probabilidad de ser elegido. Esto no garantiza la idoneidad de la muestra, pero minimiza la probabilidad de que los datos obtenidos sean sesgados. En el capítulo 3 sección 3.2 se

describe parte de este proceso. Es muy importante resaltar que el muestreo debe ser aleatorio y dependiendo cada situación particular puede ser aleatorio simple, sistemático, por conglomerados, estratificado, etc.

El proceso de aplicación de encuestas dobles tiene la finalidad de recoger la mayor cantidad de información sobre las percepciones de los entrevistados. La metodología aquí planteada utilizó un cuestionario doble en el que se pidió al entrevistado elegir una opción de entre las 5 categorías de la escala de Likert planteada. Una vez seleccionada la categoría (ítem) se solicitó al entrevistado dar un valor al ítem escogido y a continuación, y usando éste ítem como referente, asignar a cada uno de los ítems restantes, un valor relativo con respecto al referente, de manera coherente. De esta manera se busca medir lo que realmente un individuo percibe cuando responde preguntas relacionadas a su experiencia.

Conviene mencionar que la implementación de esta metodología empleando respuestas dobles y entrevistas personalizadas resultó costosa en términos de tiempo y dinero.

#### **4.1.4 Depuración y estandarización de los datos**

A continuación se describe el tratamiento dado a los datos obtenidos en la muestra. Para ilustrar la metodología se utiliza como ejemplo la variable

categoría “Servicio administrativo” que es la primera que se plantea en el cuestionario (Anexo 1).

El primer paso es depurar los datos obtenidos eliminando aquellos que son considerados “impuros”. Los datos “impuros” son aquellos que se alejan significativamente de la mayoría o que presentan un comportamiento anormal comparado con el resto. Estos datos se detectan estadísticamente en un gráfico de dispersión. Omitir este paso significaría obtener estimaciones erróneas debido a que éstos datos contaminan las muestras y conducirían a resultados sobrestimados o subestimados.

El siguiente paso consiste en la estandarización de los datos. Para esto se obtiene el valor máximo de las observaciones por variable y se divide cada valor del ítem entre el máximo. Así se obtienen datos unidimensionales, comprendidos entre cero y uno, lo cual permitirá obtener la función de pertenencia para los análisis posteriores.

Una vez depurados los datos y estandarizados se realizaron los gráficos de líneas de cada ítem por cada variable que permitirán observar la forma de la función de pertenencia de la variable difusa. Todo este proceso permite categorizar los niveles de satisfacción (o de aceptación o de acuerdo) obtenidos numéricamente a través del cuestionario.

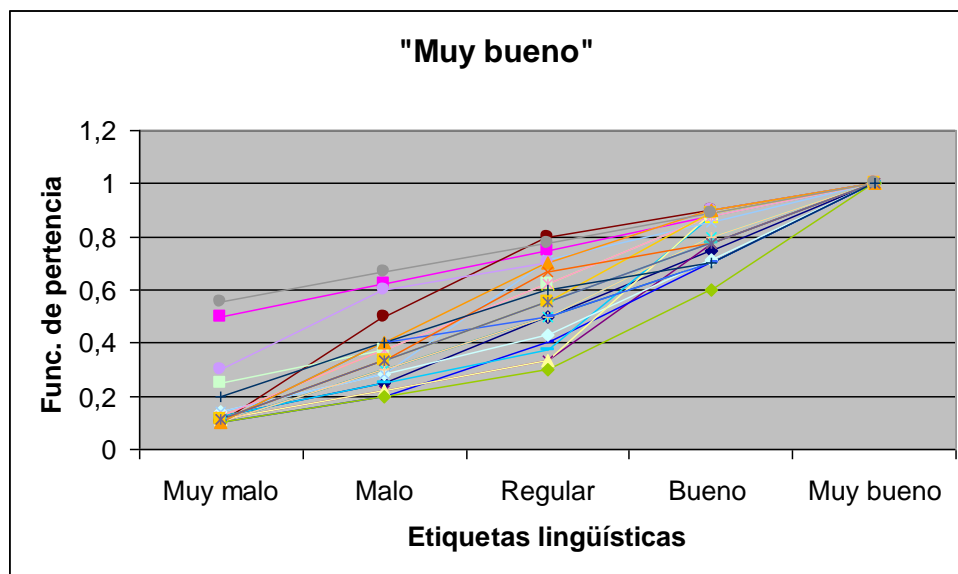
#### 4.1.5 Resultados gráficos

A continuación se presentan los gráficos de líneas de las etiquetas lingüísticas de la variable difusa relacionada con el Servicio administrativo. En esta variable se contabilizaron 192 observaciones válidas de las 212 tomadas originalmente. Cabe aclarar que en los primeros cinco gráficos cada línea representa una observación, es decir cada línea representa un individuo entrevistado. En los gráficos posteriores, las líneas tendrán un significado distinto dependiendo del contexto.

La variable lingüística  $\mathcal{X}$  planteada es; “En general considero que el servicio administrativo que ofrece la institución es”. Las etiquetas lingüísticas para esta variable son

$\mathcal{T} = \{\text{Muy malo, Malo, Regular, Bueno, Muy bueno}\}$

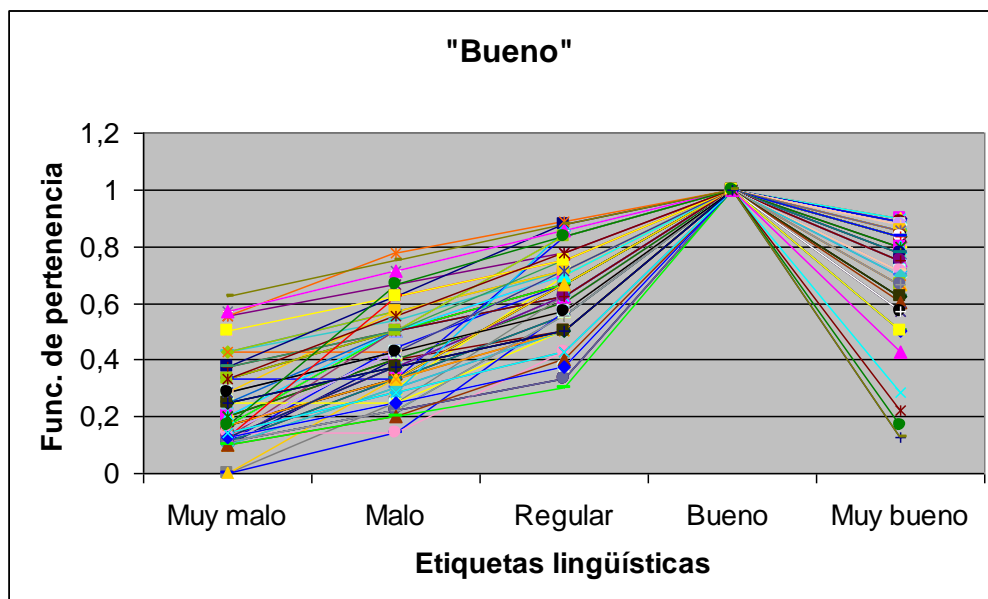
La siguiente figura muestra gráficamente el comportamiento de las respuestas a la etiqueta lingüística “muy bueno” en forma particular, aislando a las otras etiquetas. Esta opción fue marcada por el 23% (25 entrevistados), los mismos que dieron un valor a cada uno de los ítems como se explicó anteriormente.



**GRAFICO 4.1** Respuestas a la etiqueta lingüística "Muy bueno" de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX.

(Elaborado: Winston España M.)

En este gráfico cada línea representa un individuo que ha seleccionado la etiqueta "muy bueno" para la variable difusa "Servicio administrativo". En el gráfico se representa la apreciación de la experiencia de cada individuo. Puede observarse que hay gran dispersión (aproximadamente 0.4) en las respuestas correspondientes a los ítems "muy malo", "malo" y "regular", sin embargo las distancias disminuyen a partir de regular hasta llegar a "muy bueno" donde todas convergen.



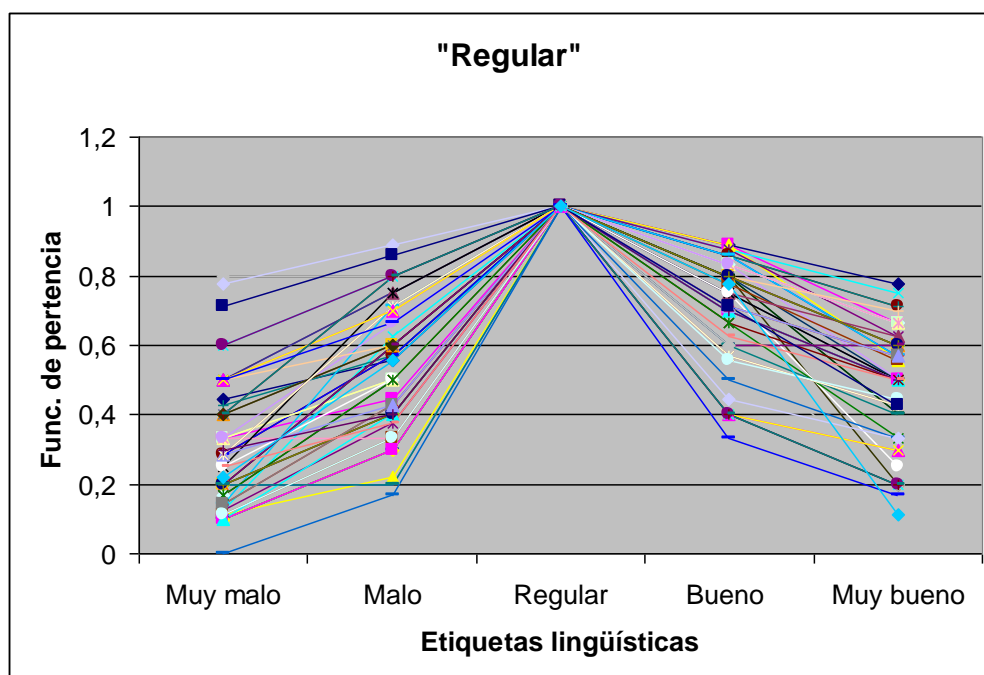
**GRÁFICO 4.2** Respuestas a la etiqueta lingüística "bueno" de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX.

(Elaborado: Winston España M.)

Este gráfico representa a la etiqueta lingüística "bueno" de la variable difusa relacionada con "Servicio administrativo". Esta opción fue seleccionada por el 51% (98 individuos). Cada línea representa un individuo que ha seleccionado la etiqueta "bueno". En el gráfico se representa la experiencia de cada individuo con respecto a esta variable. Puede observarse que hay gran dispersión (aproximadamente 0.6) en las respuestas correspondientes a los ítems "muy malo", "malo" y "regular", sin embargo las distancias disminuyen a partir de regular hasta llegar a "bueno" donde convergen. También existe una gran diferencia (0.77) entre los valores máximo y mínimo de la etiqueta "muy



bueno”. Estas distancias podrían interpretarse como las diferencia de criterios o la diversidad de puntos de vista entre los individuos. Los valores de pertenencia se encuentran en el intervalo [0 1].

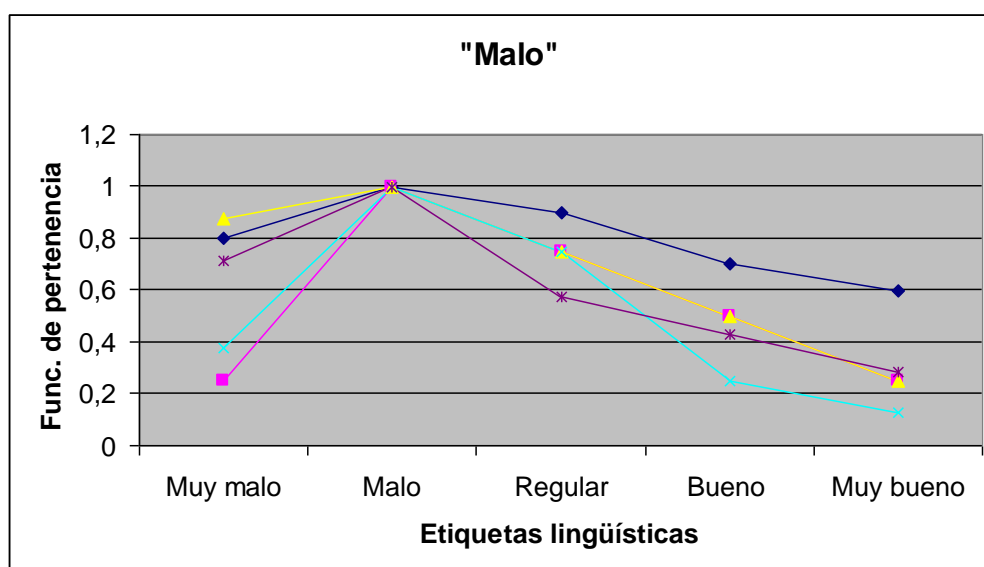


**GRÁFICO 4.3** Respuestas a la etiqueta lingüística “regular” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX.

(Elaborado: Winston España M.)

Este gráfico representa a la etiqueta lingüística “regular” de la variable difusa relacionada con “Servicio administrativo”. Esta opción fue seleccionada por el 33% (64 entrevistados). Cada línea representa un individuo que ha seleccionado la etiqueta “regular”. El gráfico muestra una representación de

la experiencia percibida de cada individuo con respecto a este servicio. Puede observarse que hay gran dispersión en los extremos de la función poligonal difusa (entre 0.6 y 0.8). Debe destacarse que a pesar de encontrarse en el centro de la escala la función difusa que representa a esta etiqueta lingüística no es simétrica completamente, esto debido a que las funciones están compuestas por rectas seccionadas y tienen pendientes distintas por tramos.



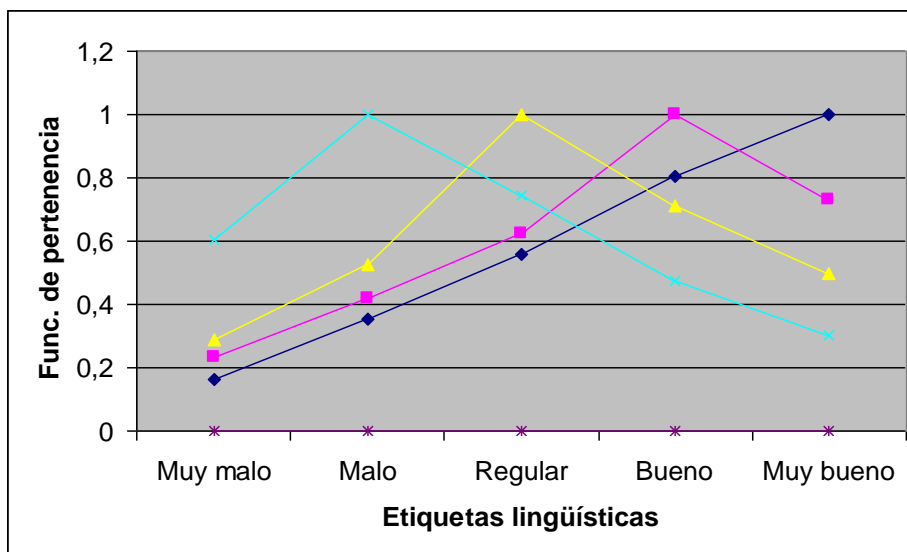
**GRÁFICO 4.4** Respuestas a la etiqueta lingüística “malo” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX.

(Elaborado: Winston España M.)

Este gráfico representa a la etiqueta lingüística “malo” de la variable difusa relacionada con “Servicio administrativo”. Esta opción fue seleccionada por el

2.6% (5 individuos). Cada línea representa un individuo que ha seleccionado la etiqueta "malo". En el gráfico se representa la apreciación de la experiencia percibida de cada individuo con respecto a este servicio. El hecho de que haya pocas observaciones en este caso evidencia que no hay animadversión significativa hacia el servicio percibido. Se observa cercanía en las percepciones a partir de "regular" hacia "muy bueno". Hay un rango de variación de 0.62 en la etiqueta "muy malo", es decir la distancia entre el máximo y el mínimo es amplia en esta etiqueta lingüística.

A continuación se presenta el gráfico de los promedios de todas las etiquetas de la variable difusa relacionada con el Servicio Administrativo. Este gráfico recoge los promedios obtenidos en cada ítem y para efectos ilustrativos se los presenta traslapados.



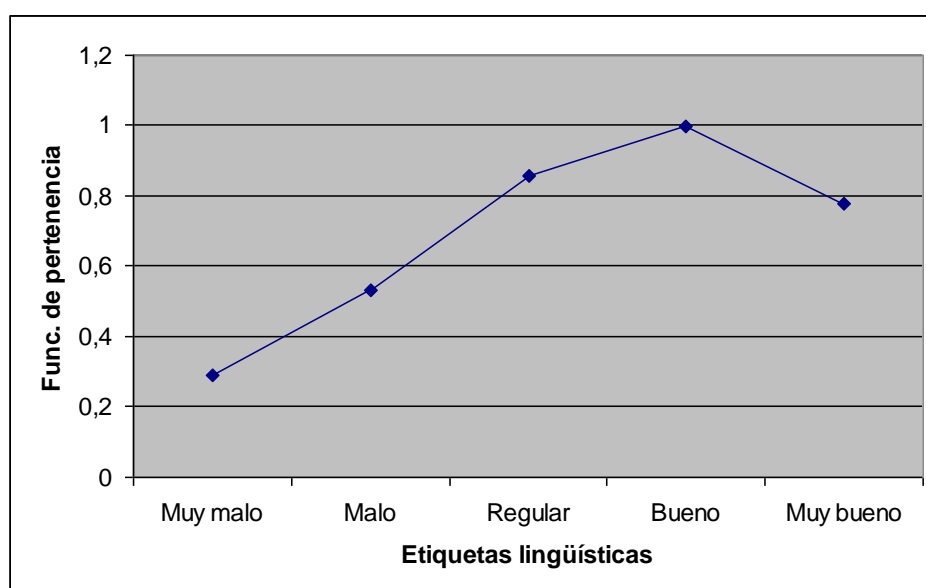
**GRÁFICO 4.5** Respuestas a la etiqueta lingüística “malo” de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX.

(Elaborado: Winston España M.)

Los resultados corresponden a funciones de pertenencia poligonales. Así mismo puede observarse que mientras un grupo de individuos manifiesta que el servicio percibido es “bueno” con cierto grado de pertenencia, para otro grupo es “muy bueno” con un grado de pertenencia distinto. Por ejemplo, para la etiqueta lingüística “bueno”, un grupo manifiesta un grado de pertenencia de 0.48, otro grupo de 0.72, otro de 0.8 y otro de 1. Debe anotarse también que las funciones no son simétricas. No existen datos para la etiqueta lingüística “muy malo”, es decir ningún individuo escogió esta opción. Para entender mejor el concepto de lógica difusa en este caso podríamos asignarle un nombre a cada una de las líneas y preguntar que nivel de pertenencia alcanza en cada etiqueta lingüística. A partir de éstos

resultados queda abierto el camino para futuras investigaciones donde pueda estudiarse las características que identifican a cada grupo de personas dentro de una misma muestra y qué tan significativa es su influencia en los parámetros poblacionales.

Por último se muestra el gráfico de promedios general, resultado del promedio obtenido de las funciones del gráfico anterior. Aquí se puede apreciar en un solo gráfico el resumen de la variable estudiada.



**GRÁFICO 4.6** Promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX.

(Elaborado: Winston España M.)

Este gráfico es muy importante porque permite establecer conclusiones más precisas y útiles. Nótese que a medida que los niveles de satisfacción ascienden de categoría (por ejemplo de malo a regular, de regular a bueno) la función difusa poligonal asociada a esta variable manifiesta un alto grado de pertenencia hasta llegar a cierto punto, luego de lo cual empieza a decaer.

Puede observarse que la etiqueta correspondiente al ítem “bueno”, tiene el mayor grado de pertenencia que es 1. Le sigue la etiqueta “regular” con un grado de pertenencia de 0.86. La siguiente etiqueta con mayor grado de pertenencia es “muy bueno” con un valor de 0.78. La etiqueta lingüística “bueno” que tiene el mayor grado de pertenencia es lógicamente la opción que tuvo mayor contribución en cuanto a la contestación de los entrevistados (51%). Este gráfico coincide con el gráfico de la función “bueno” casi completamente en el máximo y en los extremos, la mayor diferencia se encuentra en el centro (etiqueta “regular”) con un valor de 0.23. Puede concluirse entonces que el gráfico de los promedios para esta variable difusa representa un grado de aceptación de “bueno”.

#### **4.1.6 Estimación de los valores de la función de pertenencia**

Como se ha dicho anteriormente, las escalas de valoración de ítems constituyen un eje fundamental para obtener estimaciones coherentes. En el presente trabajo se ha supuesto que las distancias entre los ítems de las

escalas de Likert planteadas no presentan diferencias significativas; es decir, se supone que existe la misma distancia entre los ítems de la escala. Conocer las diferencias exactas entre una categoría y otra supondría un estudio completo y minucioso.

Se ha logrado estimar el grado de pertenencia de los ítems relacionados con el nivel de satisfacción de cada servicio. Para esto se obtuvo los promedios de cada ítem por variable, una vez estandarizados los datos.

La escala de promedios obtenida para la variable “servicio administrativo” proporciona los siguientes valores de pertenencia.

<b>0,29</b>	<b>0,53</b>	<b>0,86</b>	<b>1</b>	<b>0,78</b>
Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno

Por lo tanto el conjunto difuso obtenido para esta variable se puede representar por

$A = \{(Muy\ malo, 0.29), (Malo, 0.53), (Regular, 0.86), (Bueno, 1), (Muy\ bueno, 0.78)\}$ ; donde  $A$  es un subconjunto de  $U$ . Y  $U$  es el universo de discurso que contiene a todos los posibles niveles de calidad de servicio del CELEX, en este caso para esta variable de estudio.

#### 4.1.7 Indicador de Satisfacción

Al analizar el gráfico 4.6 puede deducirse que para obtener un índice de satisfacción, utilizar el promedio de la función de pertenencia no es buena idea. Por ejemplo, un alto valor de pertenencia en el ítem “muy malo” provocará que se eleve el promedio de satisfacción, lo cual es ilógico ya que un alto nivel en “muy malo” significa que existe insatisfacción. Así que el promedio no sería un buen indicador en este caso. Un indicador adecuado para podría ser la suma de las proporciones de los ítems que representan satisfacción (“muy bueno” y “bueno” en este caso).

$I_{\text{satisfacción}} = 0.51 + 0.13 = 0.64$ ; donde 0.51 representa la proporción de acuerdo con el ítem “muy bueno” y 0.13 representa la proporción de acuerdo con el ítem bueno. Entonces el indicador para esta variable es de 64%.

## **4.2 Resumen de los análisis de las variables**

Siguiendo la metodología planteada anteriormente, para cada una de las variables difusas, se tienen los resultados mostrados a continuación. La tabla siguiente presenta un resumen de las variables difusas junto con sus etiquetas lingüísticas y los valores de pertenencia encontrados. La segunda tabla muestra la comparación de los gráficos de las funciones de pertenencia de todas las variables difusas.



**TABLA III. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL  
ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DIFUSAS**

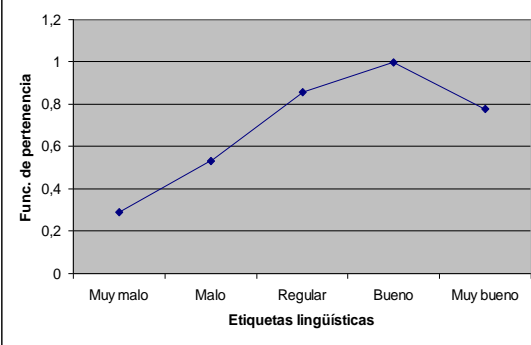
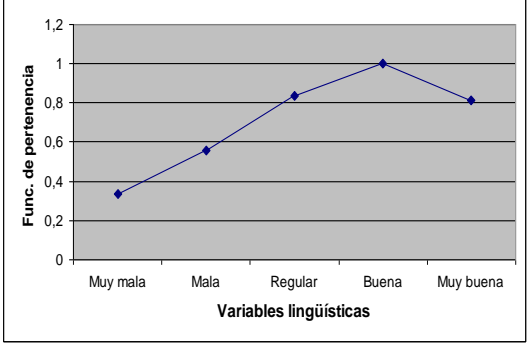
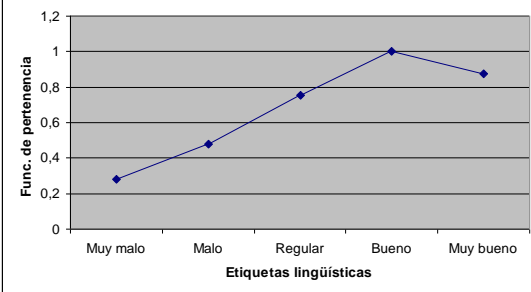
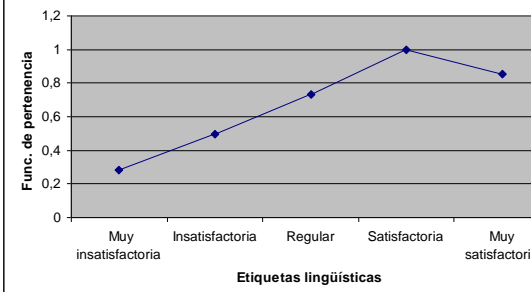
<b>Variable difusa <math>X</math></b>	<b>Etiquetas lingüísticas <math>T^o</math></b>	<b>Valores promedios de la función de pertenencia</b>
1) "En general considero que el servicio administrativo que ofrece la institución es"	Muy malo, Malo, Regular, Bueno, Muy bueno	(0.29;0.53;0.86;1;0.78)
2) "En general considero que la infraestructura de las aulas o salones de clases es"	Muy mala, Mala, Regular, Buena, Muy buena	(0.34;0.56;0.84;1;0.81)
3) "En general considero que el nivel académico de la institución es"	Muy malo, Malo, Regular, Bueno, Muy bueno	(0.28;0.48;0.75;1;0.87)
4) "En general considero que la preparación que los profesores demuestran en clases es"	Muy insatisfactoria, Insatisfactoria, Regular, Satisfactoria, Muy satisfactoria	(0.28;0.49;0.73;1;0.85)
5) El trato de los empleados administrativos de la institución al momento de proveer un servicio es	Muy insatisfactorio, Insatisfactorio, Indiferente, Satisfactorio, Muy satisfactorio	(0.40;0.66;0.96;1;0.78)
6) "La calidad de la educación es representativa del costo que se paga"	Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Indeciso, De acuerdo, Muy de acuerdo	(0.37;0.69;0.92;1;0.82)
7) "Los laboratorios y equipos audiovisuales son apropiados y cómodos para el aprendizaje"	Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Indiferente, De acuerdo, Muy de acuerdo	(0.35;0.63;0.82;1;0.81)
8) "Los profesores cumplen con las expectativas previstas al inicio del	Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Indeciso, De acuerdo, Muy de acuerdo	(0.27;0.51;0.74;1;0.86)

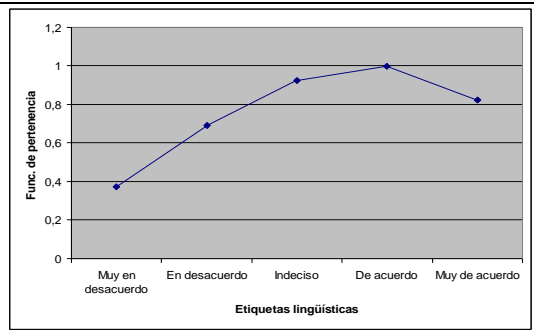
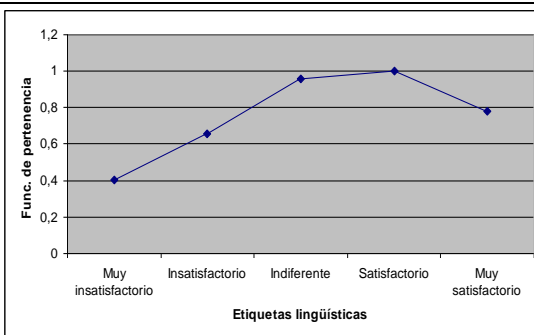
curso"		
9) "Las evaluaciones son representativas de lo estudiado en clases"	Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Indeciso, De acuerdo, Muy de acuerdo	(0.30;0.51;0.75;1;0.89)
10) "En general, con respecto a los servicios de la institución, puedo concluir que me encuentro"	Muy insatisfecho, Insatisfecho, Indiferente, Satisfecho, Muy satisfecho	(0.30;0.55;0.83;1;0.80)

(Elaborado: Winston España M.)

En general los valores de la tercera columna de la tabla anterior no son números difusos sino las estimaciones de las funciones de pertenencia asociadas a las etiquetas lingüísticas de cada variable de estudio. Por ejemplo en la tercera columna y quinta fila el valor 0.4 representa el grado de pertenencia de la etiqueta "muy insatisfactorio" para la variable referente al trato de los empleados administrativos, lo cual significa que hay un alto grado de insatisfacción. Este valor es el más alto de entre todos los que representan la primera componente de las etiquetas de todas las variables difusas. Más adelante se mostrará que ésta misma variable tiene el índice de satisfacción más bajo.

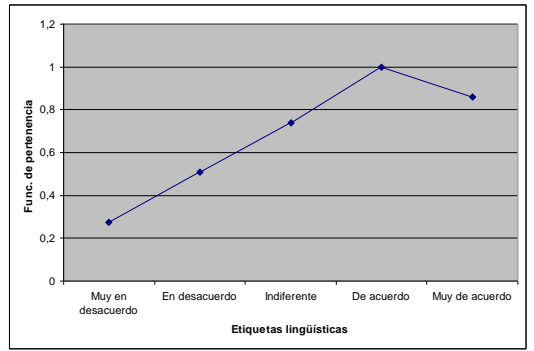
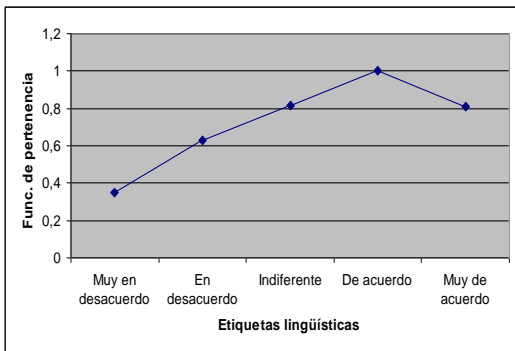
**TABLA IV. COMPARACIÓN DE LOS GRÁFICOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DIFUSAS**

<p><b>(1) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con el servicio administrativo del CELEX</b></p>	<p><b>(2) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con la infraestructura del CELEX</b></p>																								
 <table border="1"> <caption>Datos para Gráfico (1)</caption> <thead> <tr> <th>Etiquetas lingüísticas</th> <th>Func. de pertenencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy malo</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Malo</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>Bueno</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Muy bueno</td> <td>0.75</td> </tr> </tbody> </table>	Etiquetas lingüísticas	Func. de pertenencia	Muy malo	0.3	Malo	0.55	Regular	0.85	Bueno	1.0	Muy bueno	0.75	 <table border="1"> <caption>Datos para Gráfico (2)</caption> <thead> <tr> <th>Variables lingüísticas</th> <th>Func. de pertenencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy mala</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>Mala</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>Buena</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Muy buena</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table>	Variables lingüísticas	Func. de pertenencia	Muy mala	0.35	Mala	0.55	Regular	0.85	Buena	1.0	Muy buena	0.8
Etiquetas lingüísticas	Func. de pertenencia																								
Muy malo	0.3																								
Malo	0.55																								
Regular	0.85																								
Bueno	1.0																								
Muy bueno	0.75																								
Variables lingüísticas	Func. de pertenencia																								
Muy mala	0.35																								
Mala	0.55																								
Regular	0.85																								
Buena	1.0																								
Muy buena	0.8																								
<p><b>(3) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con la percepción sobre el nivel académico del CELEX</b></p>	<p><b>(4) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con la preparación de los profesores</b></p>																								
 <table border="1"> <caption>Datos para Gráfico (3)</caption> <thead> <tr> <th>Etiquetas lingüísticas</th> <th>Func. de pertenencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy malo</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Malo</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Bueno</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Muy bueno</td> <td>0.85</td> </tr> </tbody> </table>	Etiquetas lingüísticas	Func. de pertenencia	Muy malo	0.3	Malo	0.5	Regular	0.75	Bueno	1.0	Muy bueno	0.85	 <table border="1"> <caption>Datos para Gráfico (4)</caption> <thead> <tr> <th>Etiquetas lingüísticas</th> <th>Func. de pertenencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy insatisfactoria</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Insatisfactoria</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Satisfactoria</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Muy satisfactoria</td> <td>0.85</td> </tr> </tbody> </table>	Etiquetas lingüísticas	Func. de pertenencia	Muy insatisfactoria	0.3	Insatisfactoria	0.5	Regular	0.75	Satisfactoria	1.0	Muy satisfactoria	0.85
Etiquetas lingüísticas	Func. de pertenencia																								
Muy malo	0.3																								
Malo	0.5																								
Regular	0.75																								
Bueno	1.0																								
Muy bueno	0.85																								
Etiquetas lingüísticas	Func. de pertenencia																								
Muy insatisfactoria	0.3																								
Insatisfactoria	0.5																								
Regular	0.75																								
Satisfactoria	1.0																								
Muy satisfactoria	0.85																								
<p><b>(5) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con el trato de los empleados administrativos</b></p>	<p><b>(6) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con la calidad y el costo en los servicios del CELEX</b></p>																								



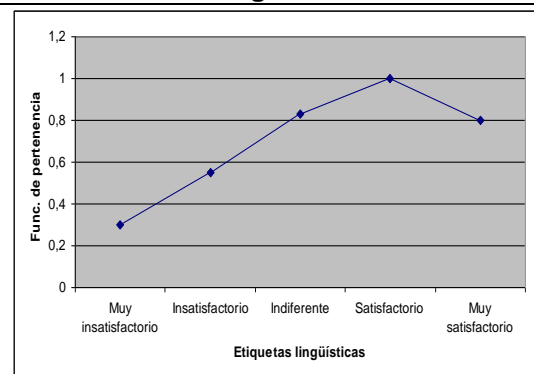
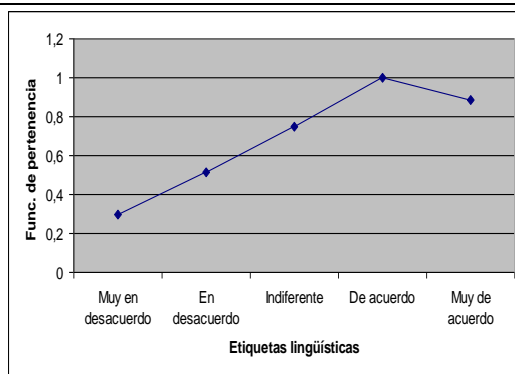
**(7) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con los laboratorios y equipos audiovisuales del CELEX**

**(8) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con las expectativas previstas por los profesores**



**(9) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con la representatividad de las evaluaciones**

**(10) Gráfico del promedio de las funciones de pertenencia de la variable difusa relacionada con la satisfacción percibida en general**



(Elaborado: Winston España M.)

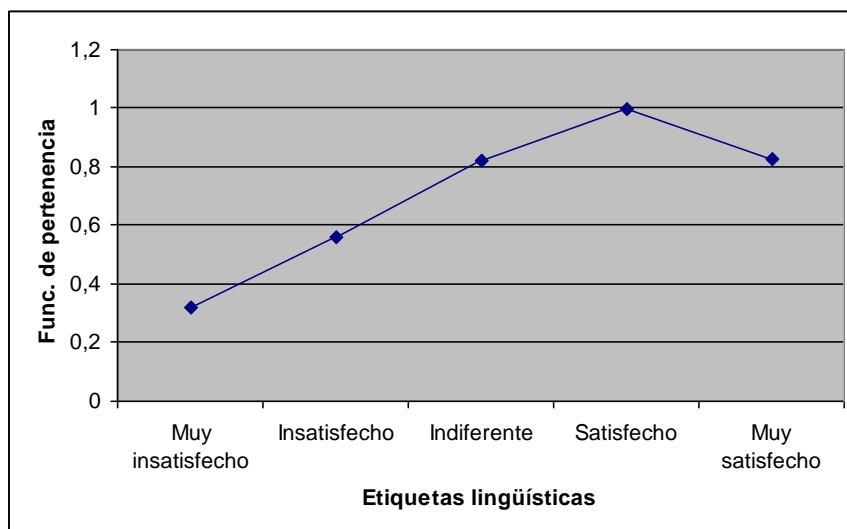
Este es uno de los resultados más importantes porque permite comparar gráficamente el comportamiento de las variables estudiadas. Existe una gran similitud entre los gráficos 2, 3, 4, 8 y 9. Estos corresponden respectivamente a las variables relacionadas con infraestructura, nivel académico, preparación de los profesores, expectativas sobre los profesores y representatividad de las evaluaciones. Todas tienen un nivel de satisfacción alto, en relación con las restantes. Por otro lado el gráfico 5 relacionado con el trato percibido de parte de los empleados administrativos muestra un alto nivel de insatisfacción y claramente se diferencia de los demás. Algo similar, pero menos drástico ocurre con el gráfico de la variable relacionada con el costo del servicio. El último gráfico de la tabla 5.2 está relacionado con la satisfacción que se percibe en general; ésta variable tiene como objeto permitir una comparación adicional con el promedio obtenido de las nueve variables categóricas que le anteceden. Esta comparación puede efectuarse observando el gráfico 5.1 donde se representa el promedio de las primeras nueve variables categóricas.

**TABLA V. TABLA DE INDICADORES DE SATISFACCIÓN**

<b>Variable</b>	<b>Indicador (en porcentaje)</b>
1) “En general considero que el servicio administrativo que ofrece la institución es”	64%
2) “En general considero que la infraestructura de las aulas o salones de clases es”	69%
3) “En general considero que el nivel académico de la institución es”	86%

4) “En general considero que la preparación que los profesores demuestran en clases es”	89%
5) El trato de los empleados administrativos de la institución al momento de proveer un servicio es	52%
6) “La calidad de la educación es representativa del costo que se paga”	60%
7) “Los laboratorios y equipos audiovisuales son apropiados y cómodos para el aprendizaje”	69%
8) “Los profesores cumplen con las expectativas previstas al inicio del curso”	86%
9) “Las evaluaciones son representativas de lo estudiado en clases”	83%
10) “En general, con respecto a los servicios de la institución, puedo concluir que me encuentro”	71%

En la sección 4.1.7 se explica cómo se obtuvieron los indicadores de la tabla 5.3. La variable con mayor indicador de satisfacción es la referente a la preparación de los profesores (89%). La variable con menor índice es la referente al trato de los empleados administrativos (52%). La satisfacción promedio se ubica en el 73%.



**GRÁFICO 4.7** Promedio de las funciones de pertenencia de las variables difusas relacionadas con la satisfacción del CELEX.

(Elaborado: Winston España M.)

Los valores de la función de pertenencia obtenidos son:

$$\mu = \{(Muy\ insatisfecho, 0.32), (Insatisfecho, 0.56), (Indiferente, 0.82), (Satisfecho, 1), (Muy\ satisfecho, 0.83)\}$$

Puede notarse que este gráfico es muy similar al último de la tabla 5.2 donde se indaga sobre la satisfacción percibida en general, donde los valores de la función de pertenencia son (0.30; 0.55; 0.83; 1; 0.80); muy cercanos a los de esta última. De alguna manera esto puede constituir una prueba de bondad o de comprobación de la estimación realizada. En otras palabras ésta última variable explica o representa significativamente a las demás.

# CAPÍTULO V

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez cumplidos los objetivos planteados se pueden establecer las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

### 5.1 Conclusiones

1. En el presente trabajo se ha expuesto la utilidad de la lógica difusa como una herramienta para el tratamiento de variables cualitativas en el análisis de satisfacción.
2. Esta metodología permite evaluar en forma objetiva las respuestas subjetivas de los individuos cuando deben responder en escalas categóricas
3. Los gráficos de las funciones de pertenencia encontradas permiten observar el comportamiento de las variables cualitativas relacionadas con la experiencia y la percepción de los individuos.



4. Las variables difusas estudiadas tienen un comportamiento asociado a funciones de pertenencia con distribuciones poligonales. No hay simetría como se esperaba originalmente. Todas las funciones tienen un sólo máximo en la etiqueta lingüística que corresponde al cuarto ítem de la escala de Likert (Bueno, satisfactorio, de acuerdo).
5. Los gráficos (5) y (6) mostrados en la tabla 5.2 (variables referentes al trato de los empleados y el costo del servicio respectivamente) presentan un comportamiento disímil del resto. Esto podría significar que los individuos no reaccionan o no responden de la misma forma cuando se les pregunta sobre dinero (costo) y sobre el trato recibido de otras personas.
6. La variable difusa con menor grado de satisfacción es la relacionada con el trato de los empleados administrativos. Le sigue la variable difusa relacionada con el costo-calidad del servicio.
7. La variable con mayor grado de satisfacción es la relacionada con la percepción sobre la preparación de los profesores (89%). El gráfico obtenido es muy similar al una distribución triangular difusa. Le siguen las variables relacionadas con el nivel académico del CELEX (86%) y aquella relacionada con las expectativas cumplidas por los profesores (86%).

8. Todas las respuestas a las variables planteadas en el cuestionario se encuentran sesgadas hacia la derecha, la mayor proporción de individuos entrevistados alcanzan las categorías más altas de cada variable difusa. Por lo tanto hay un nivel de satisfacción positivo.
  
9. La función de pertenencia de la última variable que define la satisfacción general de los servicios del CELEX es similar a la función de pertenencia del promedio obtenido de todas las variables. Esto podría significar que dicha variable representa, en promedio, percepción sobre la satisfacción en los servicios que presta el CELEX. El indicador de satisfacción promedio es de 73%.
  
10. La edad media de los entrevistados es de 22 años, la moda es 20 y la mediana 22 años. La edad mínima es de 17 años y la máxima es de 30. Cabe indicar que se eliminaron de la muestra los datos atípicos.

## **5.2 Recomendaciones**

1. Los estudios de satisfacción, y en general cualquier investigación que empleen variables categóricas, deben utilizar herramientas apropiadas para el análisis cualitativo y no limitarse al empleo de técnicas de estadística clásica.

2. Las escalas de Likert son escalas actitudinales de naturaleza cualitativa que no deben ser sumadas y promediadas como se acostumbra. Un posible tratamiento de estas escalas podría ser a través de números difusos y funciones de pertenencia, en cuyo caso sí es posible realizar dichas operaciones.
3. Los ítems utilizados en las escalas de Likert, aquí denominados etiquetas lingüísticas, deben ser equilibrados en su número, mantener simetría y tener un elemento central neutro. Además no debe presumirse que las escalas arbitrarias son invariables.
4. Con respecto al caso de estudio, el CELEX debe orientar esfuerzos hacia mejorar el trato de sus clientes, especialmente en cuanto a los servicios administrativos.
5. Las instituciones públicas y privadas deben permitir el acceso a estudiantes universitarios egresados y de los últimos niveles para realizar investigaciones que pueda servir a intereses de ambas partes y de esta manera colaborar con la extensión de la calidad que tanto necesitan nuestras empresas.

6. Por último queda abierta la discusión sobre la metodología planteada y podría continuarse con análisis sobre las dispersiones de las funciones de pertenencia, las correlaciones de dichas funciones, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Aníbal, R.** (2000), *Un aporte a la discusión sobre el status metodológico de las variables y escalas de medición*, Revista Electrónica de Epistemología de Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Sociales – Universidad de Chile, Chile.
- [2] **Cañadas, I., Sanchez, A.**, (1998). Categorías de Respuesta en Escalas tipo Likert . Universidad de La Laguna. España.
- [3] **Cohen M., Nagel E.** (1963), *An Introduction of Logic*: Routledge and Kegan Paul. London.
- [4] **Cohen, Morris** (1993), *Introducción a la lógica*. Fondo de Cultura Económica. México.
- [5] **Cohen, Nagel** (1973). *Introducción a la lógica y al método científico: Lógica aplicada y método científico*. Vol. II. Buenos Aires.
- [6] **Cohen M., Nagel E.** (1968). *Introducción a la Lógica y al Método Científico*. Sexta reimpresión. Buenos Aires: Amorrortu
- [7] **Cronin J. J., Taylor S.** (1992). Measuring service quality: A reexamination and extension. *Journal of Marketing*. 55-68.
- [8] **EPN** (2006), [www.math.epn.edu.ec](http://www.math.epn.edu.ec), última visita: septiembre del 2006.
- [9] **González L., Lameiras Fernández M., Varela Lovelle M.** (1990). Escalamiento de magnitud en la satisfacción laboral I. Validez de la ley de potencia. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 43(3), 411-417.
- [10] **Hartley J., Trueman M. y Rodgers A.** (1984). The effects of verbal and numerical quantifiers on questionnaire responses. *Applied Ergonomics*, 15(2), 149-155.
- [11] **Horna, L.** (2006), *Introducción a la Matemática Borrosa con Aplicaciones*, X Encuentro de Matemática y sus Aplicaciones, Escuela Politécnica Nacional – Departamento de Matemática. Quito, Ecuador.
- [12] **Lee Rasmussen J.** (1989). Analysis of Likert Scale Data: A reinterpretation of Gregorire and Driver. *Psychological Bulletin*, 105, 167-170.
- [13] **LIKERT, R.** A technique for measurement attitudes. *Archives of Psychology*. n. 140. 1932.
- [14] **Meek P., Sennott-Miller L., Ferketich S.** (1992). Scaling stimuli with magnitude estimation. *Research in Nursing & Health*, 15, 77-81.

[15] **MAP** (2006), *Censo Guía de orientación para la realización de estudios de análisis de la demanda y de encuestas de satisfacción*, Ministerio de Administraciones Públicas, Madrid, España.

[16] **NRC** (2005), National Research Council, [http://ai.iit.nrc.ca/IR\\_public/fuzzy/fuzzyClips/fuzzyCLIPSIndex.html](http://ai.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyClips/fuzzyCLIPSIndex.html), última visita: septiembre del 2005.

[17] **MIT** (2005), *Página del MediaLab del Instituto de Tecnología de Massachussets*, <http://www.media.mit.edu>, última visita: septiembre del 2005.

[18] **Parasuraman A., Zeithalm V.A. y Berry, L.L.**(1988) "CALSERV: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality". *Journal Retailing*, nº 64.

[19] **Pérez, C.** (2000), *Técnicas de Muestreo Estadístico*, Alfaomega, México.

[20] **Spector P.** (1988). Development of the work locus of control scale. *Journal of Occupational Physiology*.

[21] **Spector, P.** (1992). *Summated rate scale construction: An introduction*. Newbury Park, CA: Sage.

[22] **Schriesheim C., Castro S.** (1996). Referent effects in the magnitude estimation scaling of frequency expressions for response anchor sets: an empirical investigation. *Educational and Psychological Measurement*, 56, 557-569.

[23] **Schriesheim C., Schriesheim J.** (1974). Development and empirical verification of new response categories to increase the validity of multiple response alternative questionnaires. *Educational and Psychological Measurement*, 34, 877-884.

[24] **THURSTONE, L.L.**: Theory of attitude measurement. *Psychological Review*. 36. 1929, pp. 224-241.

[25] **THURSTONE, L. L.**: Attitudes can be measured. *American Journal of Sociology*. 33. 1928, pp. 529-554.

[26] **Wills C.E., Moore C.** (1994). A controversy in scaling of subjective states: Magnitude estimation versus category rating methods. *Research in Nursing & Health*, 17, 231-237.

[27] **Zeithaml V., Berry L., Parasuraman A.** (1988): "Communication and Control Processes in the Delivery of Service Quality", *Journal of Marketing*, Vol. 52, April, pp.35-48.

[28] **Zeithaml V., Parasuraman A., Berry L.** (1993): *Calidad Total en la gestión de servicios*. Díaz de Santos, Madrid.

[29] **Zadeh, L. A.** (1972). Fuzzy languages and their relation to human and machine intelligence. Bordeaux, France.

[30] **Zadeh, L.A.** (1975). "The Concept of Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning". *Information Sciences*, 8, pp. 199-249, 1975 (part I), 8, pp. 301-357.

[31] **Zadeh, L.A.** (1983). A Computational Approach to Fuzzy Quantifiers in Natural Languages. *Computers and Mathematics with Applications*, 9, pp. 149-184.

[32] **Zadeh L.A.** (1994). "Soft Computing and Fuzzy Logic". *IEEE Software*, 11(6), pp. 48-56.

## **Anexos**





El siguiente formulario tiene por objeto servir de instrumento de medición para analizar el grado de satisfacción en torno a los servicios que ofrece el CELEX.

*Lea por favor **cuidadosamente** cada **proposición**. Conteste de manera **personal** y **subjetiva** marcando con una **X** o cualquier símbolo en **sólo una** de las opciones planteadas para **cada** **proposición**.*

Adicionalmente coloque una valoración entre 1 y 10 (siendo 10 el máximo valor y 1 el mínimo) a la opción que ha marcado y haga lo mismo para cada una de las opciones restantes de la proposición pero en forma descendente y coherente de acuerdo a su percepción. Repita el proceso en todas las demás proposiciones.

Sexo: M\_\_\_ F\_\_\_

Edad (en años): \_\_\_\_\_

**1. En general considero que el servicio administrativo que ofrece la institución es**

Muy malo  Malo  Regular  Bueno  Muy Bueno

**2. En general considero que la infraestructura de las aulas o salones de clases es**

Muy mala  Mala  Regular  Buena  Muy buena

**3. En general considero que el nivel académico de la institución es**

Muy malo  Malo  Regular  Bueno  Muy bueno

**4. En general considero que la preparación que los profesores demuestran en clases es**

Muy insatisfactoria  Insatisfactoria  Regular  Satisfactoria  Muy satisfactoria

**5. El trato de los empleados administrativos de la institución al momento de proveer un servicio es**

Muy insatisfactorio  Insatisfactorio  Indiferente  Satisfactorio  Muy satisfactorio

*Además...*

**6. La calidad de la educación es representativa del costo que se paga**

Muy en desacuerdo  En desacuerdo  Indeciso  De acuerdo  Muy de acuerdo

**7. Los laboratorios y equipos audiovisuales son apropiados y cómodos para el aprendizaje**

Muy en desacuerdo  En desacuerdo  Indiferente  De acuerdo  Muy de acuerdo

**8. Los profesores cumplen con las expectativas previstas al inicio del curso**

Muy en desacuerdo  En desacuerdo  Indeciso  De acuerdo  Muy de acuerdo

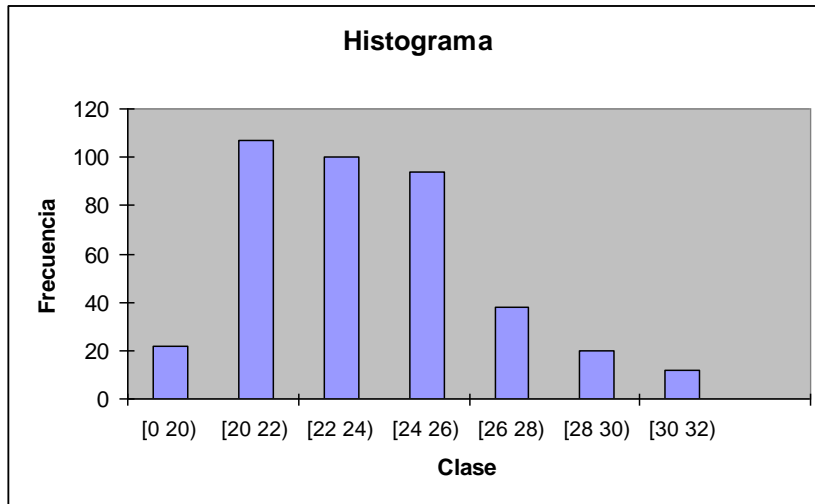
**9. Las evaluaciones son representativas de lo estudiado en clases**

Muy en desacuerdo  En desacuerdo  Indeciso  De acuerdo  Muy de acuerdo

**10. En general, con respecto a los servicios de la institución, puedo concluir que me encuentro**

Muy insatisfecho  Insatisfecho  Indiferente  Satisfecho  Muy satisfecho

### Histograma de frecuencia de la distribución de las edades



### Gráfico de la proporción de hombres y mujeres

