



PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la ilustre UNIVERSIDAD DE LOS ANDES como requisito final para obtener el Título  
de INGENIERO DE SISTEMAS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB PARA EL  
SIMULADOR DE EVENTOS DISCRETOS GALATEA.

Por

Br. Erik Velásquez

Tutor: Dr. Jacinto Dávila

Tutor: Prof. Kay Tucci

Septiembre 2016

©2016 Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela

# **Diseño e implementación de un Sistema Web para el Simulador de Eventos Discretos GALATEA.**

Br. Erik Velásquez

Proyecto de Grado — Sistemas Computacionales, 105 páginas

**Resumen:** El objetivo principal de este proyecto consiste en buscar, mediante el uso de un sistema web, una solución al problema actual existente entre los usuarios y usuarias del Centro de Simulación y Modelado (CESIMO) de la Universidad de los Andes, que suelen tener muchas dificultades para ejecutar los modelos de simulación en el simulador GALATEA, especialmente al momento de configurar y activar todas sus funcionalidades. Se busca implementar y desplegar como servicio, una aplicación utilizada para modelar y simular eventos discretos en sistemas distribuidos, utilizando como medio los servicios web. Esto es conocido como Simulación Distribuida, la cual posee una serie de protocolos para su desarrollo e interoperabilidad. Dicha interoperabilidad se consigue mediante la adopción de estándares abiertos, como es el caso de XML, que habrá de fungir como el medio encargado de transportar los mensajes en un formato estandarizado lo cual lo hace accesible a prácticamente cualquier dispositivo. Como su nombre lo propone, en éste caso se hace uso del paradigma de arquitectura orientada a servicios (SOA: Service Oriented Architecture). Lo cual se propone desarrollar mediante un sistema web.

**Palabras clave:** Servicios Web, Sistemas Distribuidos, Web Semántica, Arquitectura Orientada a Servicios, Simulación.

*Nadie.*

*Nadie.*

*Nadie.*

# Índice

<b>índice de Tablas</b>	<b>vii</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes . . . . .	1
1.2 Planteamiento del problema . . . . .	2
1.3 Justificación . . . . .	3
1.4 Alcance . . . . .	3
1.5 Objetivos . . . . .	3
1.5.1 Objetivo general . . . . .	3
1.5.2 Objetivos específicos . . . . .	3
1.6 Metodología . . . . .	4
1.7 Estructura del documento . . . . .	4
<b>2 Marco teórico</b>	<b>7</b>
2.1 Optimización y asignación de recursos . . . . .	7
2.2 Lógica Difusa . . . . .	8
2.2.1 Conjuntos clásicos . . . . .	9
2.2.2 Conjuntos difusos . . . . .	9
2.2.3 Operaciones sobre conjuntos difusos . . . . .	10
2.2.4 Sistemas de inferencia difusa . . . . .	11
<b>3 Facultad de Ingeniería de la ULA</b>	<b>15</b>
3.1 Planta profesoral . . . . .	15
3.2 Actividades en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes . . . . .	16
3.2.1 Actividades de Docencia . . . . .	16
3.2.2 Actividades de Investigación . . . . .	19
3.2.3 Actividades Administrativas . . . . .	20
3.2.4 Actividades de Extensión . . . . .	21

3.2.5	Actividades de Mejoramiento . . . . .	22
3.3	Evaluación de las actividades docentes . . . . .	22
3.4	Dinámica de asignación de nuevos cargos docentes . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Modelo de asignación de cargos</b>	<b>27</b>
4.1	Criterios y variables . . . . .	27
4.1.1	Estudio preliminar de criterios y variables . . . . .	27
4.1.2	Pruebas preliminares . . . . .	40
4.2	Construcción del modelo . . . . .	45
4.2.1	Definición del sistema de inferencia . . . . .	45
4.2.2	Estructura del sistema difuso . . . . .	46
<b>5</b>	<b>Aplicación del modelo</b>	<b>58</b>
5.1	Implementación en R . . . . .	58
5.2	Implementación en Matlab® . . . . .	60
5.2.1	Estructura del sistema difuso utilizado . . . . .	62
5.3	Ejecución del proceso. Resultados . . . . .	64
5.3.1	Resultados iniciales . . . . .	64
5.3.2	Análisis de sensibilidad . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>69</b>
6.1	Recomendaciones . . . . .	70
<b>Bibliografía</b>		<b>72</b>
<b>A</b>	<b>Revisión de informes y resúmenes de actividades</b>	<b>73</b>
A.1	Informes individuales de Actividades Cumplidas . . . . .	73
A.1.1	Formato de Sistemas de Control . . . . .	73
A.1.2	Formato de Computación . . . . .	75
A.1.3	Formato de Investigación de Operaciones . . . . .	77
A.2	Resúmenes de Actividades Cumplidas . . . . .	79
A.2.1	Total de Sistemas de Control . . . . .	80
A.2.2	Total de Investigación de Operaciones . . . . .	80
A.2.3	Total de Computación . . . . .	81
A.3	Resultados de la revisión en resúmenes e informes individuales . . . . .	83
A.3.1	Revisión de resúmenes e informes de Investigación de Operaciones . . . . .	83
A.3.2	Revisión de resúmenes e informes de Sistemas de Control . . . . .	83
A.3.3	Revisión de resúmenes e informes de Computación . . . . .	83
A.4	Nuevos formatos propuestos para los resúmenes e informes . . . . .	86
A.4.1	Formato de Informe de Actividades Cumplidas . . . . .	88

B Tablas complementarias de valoración de actividades	92
C Tablas de incidencias del análisis de informes de actividades	97
D Reglas del sistema de inferencia difuso	100
E Enlaces a archivos	105

# Índice de Tablas

3.1	Horas semanales según dedicación. . . . .	16
3.2	Ponderación de las actividades docentes de pregrado y postgrado. . . . .	17
3.3	Valoración de las actividades de investigación. . . . .	19
3.4	Resumen de actividades de un departamento. . . . .	23
3.5	Variación con aumento de 40 horas. . . . .	24
3.6	Resumen con un aumento de 80 horas. . . . .	24
3.7	Datos de un departamento. . . . .	25
3.8	Promedio inicial de los datos. . . . .	25
3.9	Promedio de los datos con aumento de 40 horas. . . . .	26
3.10	Promedio de los datos con aumento de 80 horas. . . . .	26
4.1	Datos recogidos por los departamentos de la EISULA. Año 2014. . . . .	29
4.2	Comparación de diferencias basada en datos de la EISULA. Año 2014. . . . .	30
4.3	Datos de entrada. Porcentaje de actividades del departamento “x” . . . . .	34
4.4	Pesos de cada área. . . . .	34
4.5	Indicadores resultantes. . . . .	34
4.6	Algunas reglas sobre los indicadores. . . . .	35
4.7	Datos para los Departamentos A y B. . . . .	40
4.8	Resultados y comparación de los Departamentos A y B. . . . .	43
4.9	Datos de entrada. Segunda prueba. . . . .	44
4.10	Asignación de cargos. . . . .	55
5.1	Formato del archivo ACTIVIDADES.CSV . . . . .	59
5.2	Formato de archivo PROFESORES.CSV . . . . .	59
5.3	Formato del archivo MATERIAS.CSV. . . . .	59
5.4	Formato del archivo INSCRITOS.CSV. . . . .	60
5.5	Conversión de factores. . . . .	60
5.6	Ponderación de horas. . . . .	60
5.7	Valores de entrada. Constantes y requerimientos. . . . .	60

5.8	Archivo de salida del script en R . . . . .	60
5.9	Formato de salida de Matlab <sup>®</sup> . . . . .	61
5.10	Comparación de funciones trapezoidales y sigmoidales. Sugeno. . . . .	61
5.11	Comparación de funciones trapezoidales y sigmoidales. Mamdani. . . . .	61
5.12	Equivalencia entre salidas de mamdani y sugeno. . . . .	63
5.13	Valores constantes requeridos en la entrada. . . . .	64
5.14	Datos iniciales. . . . .	65
5.15	Resultados. . . . .	65
5.16	Cambios en actividades. Primera variación. . . . .	65
5.17	Resultados de la primera variación. . . . .	66
5.18	Cambios en actividades. Segunda variación. . . . .	66
5.19	Resultados de la segunda variación. . . . .	66
5.20	Porcentajes de cambios luego de la segunda variación. . . . .	67
5.21	Resultados de la tercera variación. . . . .	67
5.22	Porcentajes de cambios luego de la tercera variación. . . . .	67
5.23	Resultados de la cuarta variación. . . . .	67
5.24	Porcentajes de cambios luego de la cuarta variación. . . . .	68
B.1	Otras actividades de docencia. . . . .	93
B.2	Valoración de las actividades administrativas según el Reglamento. . . . .	94
B.3	Valoración de los cargos administrativos según Acta Convenio. . . . .	95
B.4	Valoración de carga administrativa incorporada en el Acta Convenio. . . . .	96
C.1	Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2013. . . . .	97
C.2	Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2012. . . . .	98
C.3	Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2011. . . . .	98
C.4	Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2010. . . . .	99
D.1	Reglas del sistema. Parte 1. . . . .	101
D.2	Reglas del sistema. Parte 2. . . . .	102
D.3	Reglas del sistema. Parte 3. . . . .	103
D.4	Reglas del sistema. Parte 4. . . . .	104
E.1	Enlaces a los códigos de R y Matlab <sup>®</sup> . . . . .	105
E.2	Enlaces a los códigos de R y Matlab <sup>®</sup> en formato QR. . . . .	105

# Agradecimientos

Nadie.

Nadie.

Nadie.

Nadie.

Nadie.

Nadie.

Nadie.

Nadie.

# Capítulo 1

## Introducción

El siguiente estrato, introduce una descripción de cómo se ha desarrollado el servicio que prestará una aplicación basada en simulación de eventos discretos, que estará fundamentado en GALATEA (Uzcátegui et al., 2011) (Uzcátegui et al., 2011), el cual es un software para simulación de sistemas multi-agentes producto de dos líneas de investigación: lenguajes de simulación basados en la teoría de simulación de Zeigler y agentes basados en lógica. Esta concepción, está enfocada en los nuevos paradigmas de la arquitectura orientada a servicios (SOA), por el que, a partir funciones débilmente acopladas proveerá la capacidad de intercambiar funcionalidades de componentes dando escalabilidad a futuras extensiones. El propósito es que sirva para proveer un servicio de simulación de evento discretos al usuario desde cualquier punto. Así también, se pretende analizar conceptos de seguridad mediante el cual, ante una petición al computador (request), ésta sea procesada sólo si ha sido previamente validada. Dicho mecanismo es denominado SAML (Security Assertion Markup Language) (Fawcett, 2012).

### 1.1 Antecedentes

Como trabajos similares a esta propuesta se puede mencionar los realizado por (Uzcátegui et al, 2011) el cual relata la fase de desarrollo, cómo surge y hacia donde se proyecta GALATEA. Implementada como una plataforma libre de código abierto para simulación de sistemas multi-agente que incorpora estrategias de simulación bien conocidas con la que cualquier modelista o simulista puede ensayar dichas estrategias en problemas de simulación de sistemas complejos. Por otra parte, otro precedente tomado en cuenta ha sido (Rengifo, 2011), el cual trata de una tesis de pre-grado que expone el desarrollo de un servicio web para la Modeloteca del Sistema Nacional de Simulación. La misma consistió en buscar, mediante el uso de una aplicación web, la solución al problema existente en el Centro de Simulación y Modelado (CESIMO) de la Universidad de Los Andes, en el cual había dificultades para mantener un registro referente a los proyectos que allí se desarrollaban, lo que como

resultado provocaba que a menudo se perdiera información referente a los mismos, ó que incluso se llevara a cabo proyectos de forma innecesaria, ya que trabajos parecidos habrían sido realizado antes. Resultados que, debido a la falta de un repositorio institucional compartido, resultan imposibles de reusar o integrar. A partir de estos dos antecedentes lo que se pretende es, tomando como base GALATEA, adaptarlo como un servicio web en el cual el usuario pueda interactuar con el simulador, sin tener las limitaciones tales como las que pueden suelen surgir al usar sistemas operativos o navegadores diferentes, incluso ante arquitecturas distintas. A su vez, de (Rengifo, 2011), se busca obtener la experiencia ganada al desarrollar un Servicio Web en sí. Al igual se toma en cuenta a (Marcano, 2015), se acomete implementar y desplegar como servicio, una aplicación utilizada para modelar y simular eventos discretos en sistemas distribuidos, utilizando como medio los servicios web. A pesar de que ambas experiencias desarrollaron soluciones, aún no es posible contar con la experiencia de uso remoto de GALATEA como un servicio Web configurado por expertos administradores, pero con todas las facilidades y características del simulador al alcance de cualquier usuario registrado.

## 1.2 Planteamiento del problema

La preocupación por los sistemas distribuidos y de cómo diferentes máquinas podían comunicarse entre sí surgió en la década de los 90. Hasta ese momento, era suficiente con que las aplicaciones de un mismo ordenador pudieran establecer una comunicación. Los servicios Web son muy prácticos es que pueden aportar gran independencia entre la aplicación que usa el servicio Web y el propio servicio. De esta forma, los cambios a lo largo del tiempo en uno no debe afectar al otro. Esta flexibilidad será cada vez más importante, dado que la tendencia a construir grandes aplicaciones a partir de componentes distribuidos más pequeños es cada día más utilizada. En la medida que se ha avanzado en términos tecnológicos, se percibe un crecimiento proporcional de la información que se genera en todos los ámbitos, sea científico, humanístico, económico etc. Estos fenómenos no suceden como acontecimientos aislados, sino que son posibles gracias al conocimiento adquirido y al esfuerzo de muchos, de ponerlo a disposición de quien desee acceder a ellos. Teniendo en cuenta esta premisa, surge el planteamiento del problema, el cual tiene dos vertientes, la primera, consiste en que no se dispone de una plataforma acondicionada para que, de manera fácil y rápida se pueda hacer uso del simulador GALATEA. Si bien se posee un servidor académico en CESIMO, es necesario desarrollar mecanismos que posibiliten el uso de las herramientas que éste ofrece, por ello la necesidad de servicios web que permitan que las funcionalidades que posee el simulador estén disponibles tanto a nivel local como a nivel externo (Sistema Distribuido). En cuanto al otro aspecto, consiste en verificar que la integridad de la información estén garantizados, en especial cuando el usuario desee enviar algún dato, o realizar alguna consulta, por lo cual el sistema debe validar a dicho usuario previamente.

## 1.3 Justificación

La principal razón para usar servicios Web es que se pueden utilizar con HTTP sobre TCP (Transmission Control Protocol) en el puerto 80. Dado que las organizaciones protegen sus redes mediante firewalls -que filtran y bloquean gran parte del tráfico de Internet-, cierran casi todos los puertos TCP salvo el 80, que es, precisamente, el que usan los navegadores. Los servicios Web utilizan este puerto, por la simple razón de que no resultan bloqueados. Es importante señalar que los servicios web se pueden utilizar sobre cualquier protocolo, sin embargo, TCP es el más común. La principal motivación para realizar este trabajo, es la de desarrollar un sistema web que sirva como base para la simulación de eventos discretos de sistemas que utilizan la tecnología de agentes con el fin de desplegarlo para redes externas (Sistema Distribuido) todo ello a partir del servidor académico localizado en CESIMO.

## 1.4 Alcance

Se desea culminar este proyecto, con el diseño de una arquitectura de software que permita desarrollar un sistema web para el uso de GALATEA. Se desarrollará un prototipo de esa arquitectura, implementando el sistema web para la ejecución de los modelos de simulación. El prototipo debe cubrir todo lo referente al modelado de los eventos discretos, para el funcionamiento adecuado del sistema. Adicionalmente, la arquitectura del mismo debe permitirles adaptarse al contexto del usuario, y reaccionar en base a la interacción del usuario con el sistema.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema web para los usuarios y usuarias, modelistas y simulistas del simulador de eventos discretos GALATEA, que les permita realizar todas las tareas habituales de modelado, codificación y análisis en sus computadores y en la forma que prefieran, pero permitiéndoles realizar las tareas automáticas de compilación, gestión de archivos, simulación y gestión de salidas, en el espacio y con los recursos compartidos de un servidor Web.

### 1.5.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar un sistema web que permita el control de usuarios junto con los roles a ser utilizados en el sistema.
2. Diseñar e implementar una arquitectura de software que permita la comunicación entre el software de simulación y el sistema web.

3. Instalar y configurar en un servidor la arquitectura de software para el sistema de simulación.
4. Incorporar el simulador GALATEA como servicio para el sistema web.
5. Diseñar y desarrollar un cliente GUI/controlador para un modelo que se pueda gestionar archivos y simular con GALATEA a través del sistema web desarrollado.
6. Sistematizar la experiencia de uso del sistema web para simulación.
7. Analizar el sistema web desarrollado y establecer las conclusiones.

## 1.6 Metodología

Para el desarrollo del proyecto, se pretende utilizar el método SCRUM de desarrollo de software. El mismo “es una metodología de desarrollo muy simple, que requiere trabajo duro, porque la gestión no se basa en el seguimiento de un plan, sino en la adaptación continua a las circunstancias de la evolución del proyecto”. Entre sus características se encuentra que:

1. Es un método de desarrollo de carácter adaptable.
2. Es orientado a las personas, antes que a los procesos.
3. Emplea desarrollo ágil, interactivo e incremental.

## 1.7 Estructura del documento

Capítulo I. Introducción.

En esa sección se describe brevemente las características del problema abordado en el proyecto, delimitando los objetivos y estableciendo la metodología con que se procedió al estudio y resolución del mismo. Algunos problemas similares han sido tratados anteriormente, lo cual se muestra en los antecedentes especificados.

Capítulo II. Marco teórico.

En esta sección se exponen algunos conceptos relacionados con el problema planteado en el proyecto. Se introducen brevemente los términos de optimización y asignación que sirven de base para la comprensión del manejo de recursos de forma eficiente, en este caso de cargos docentes. Se da un breve repaso por las técnicas de investigación de operaciones utilizadas comúnmente para resolver problemas de este tipo.

De igual manera se desarrollan conceptos referentes a lógica difusa, la cual es ampliamente usada en problemas con conocimiento impreciso o subjetivo. Debido a la naturaleza del problema planteado en este proyecto, el empleo de la lógica difusa se presentó como principal para la

solución del mismo. Se abarcan los conceptos de conjuntos clásicos y difusos, el funcionamiento de los sistemas de inferencia difusos, las operaciones que admite, y su potencialidad para el tratamiento de problemas que involucran información subjetiva.

### Capítulo III. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes es en parte objeto principal de estudio del proyecto, por lo que en este capítulo se recopila información de interés que ayudó a comprender la situación y modelar el problema de asignación tomando en cuenta diversos factores, desde el punto de vista profesoral. Se abarca la situación de la planta docente de la Facultad, se plantean las actividades realizadas por los profesores dentro de la facultad como lo son docencia, investigación, extensión administración y mejoramiento y se observa de forma detallada el sistema de evaluación de docente utilizado. Finalmente se muestran algunas pruebas realizadas sobre el aumento de cargos docentes en los departamentos y cómo influye este aumento en su dinámica de rendimiento.

### Capítulo IV. Modelo de asignación de cargos.

Este capítulo se enfoca en el análisis de la información recogida sobre la Facultad de Ingeniería de la ULA y la evaluación del rendimiento docente. Se recopilan anotaciones sobre los criterios que pueden ser considerados para la construcción de variables del modelo, análisis sobre herramientas utilizadas anteriormente en la institución para mejorar la asignación de cargos docentes, se extraen conceptos de utilidad y estructuras preliminares de variables a involucrar. Se muestran algunas pruebas iniciales sobre estas estructuras y finalmente se plantea la definición de variables y un sistema de inferencia difusa para el tratamiento del problema.

### Capítulo V. Aplicación del modelo.

En esta sección se desarrolla la implementación del modelo de asignación de cargos, especificando los datos requeridos y las herramientas utilizadas, en este caso el software R para el procesamiento de datos de entrada y Matlab<sup>®</sup> para el sistema de inferencia difusa. Se muestra la ejecución de los programas elaborados mediante pruebas y resultados con datos correspondientes a la Escuela de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la ULA.

### Capítulo VI. Conclusiones.

Este capítulo expone algunas breves reflexiones sobre los resultados obtenidos durante y en la finalización del proyecto. Se ofrecen recomendaciones dirigidas a la comunidad de la Facultad de Ingeniería, producidas por el conocimiento adquirido por la elaboración del proyecto, principalmente sobre la evaluación docente y el registro de datos de importancia para los departamentos.

### Apéndices.

En esta sección pueden encontrarse material complementario de utilidad. Un informe sobre la evaluación de actividades docentes para los departamentos de la Escuela de Sistemas de la Facultad de Ingeniería se encuentra detallado en este espacio. De igual forma se encuentran nuevos formatos de informes y resúmenes de actividades propuestos con el fin de mejorar la recolección de datos para la evaluación docente en la Facultad. Además se anexan algunas tablas de información como referencia al texto. Respecto al modelo de asignación se anexan aspectos detallados del sistema de inferencia difusos como las reglas SI-ENTONCES utilizadas.

# Capítulo 2

## Marco teórico

En esta sección se exponen algunos conceptos relacionados con el problema planteado en el proyecto. Se da una breve introducción sobre los términos de optimización y asignación.

Técnicas metaheurísticas como algoritmos genéticos y recocido simulado se han aplicado eficientemente para la solución de problemas complejos de asignación de recursos, entre otros (Quintero et al., 2010; ?; ?). Por otro lado, los sistemas neuro-difusos, que combinan las técnicas de inferencia difusa y redes neuronales, también han sido utilizadas para tratar problemas complejos del mundo real, basados en conocimiento experto y en situaciones con incertidumbre (??).

Entre estas técnicas destaca el enfoque presentado por la lógica difusa, la cual es ampliamente usada en problemas con conocimiento impreciso o subjetivo. Debido a la naturaleza del problema planteado en este proyecto, el empleo de la lógica difusa se presentó como opción principal para la solución del mismo.

### 2.1 Optimización y asignación de recursos

En el área de investigación de operaciones, optimizar se refiere a encontrar la mejor solución (mejor valor: máximo o mínimo), entre un conjunto de soluciones factibles, es decir, que satisfacen ciertos criterios impuestos al modelo representativo del problema en estudio (Taha, 2014).

En los problemas de asignación se necesita distribuir una serie de recursos o tareas de la mejor manera posible. Generalmente se busca la optimización de la asignación para minimizar costos o tiempo, o para maximizar ganancias. La investigación de operaciones ofrece técnicas clásicas para el tratamiento de problemas, haciendo uso de programación lineal y no lineal, programación entera, entre otras. El uso de estos métodos provee soluciones óptimas para los problemas planteados. Aun así, la complejidad de algunos problemas aumenta, y en esos casos los métodos clásicos no son suficientemente buenos para resolverlos. Estos pueden ser tratados en cambio con técnicas heurísticas, metaheurísticas e inteligencia artificial, con el objetivo de encontrar una solución lo suficientemente buena y aceptable

(Taha, 2014).

Velez y Montoya (2007) exponen lo siguiente sobre metaheurísticas:

Los meta-heurísticos son métodos aproximados diseñados para resolver problemas de optimización combinatoria, en los que los heurísticos clásicos no son efectivos. Los meta-heurísticos proporcionan un marco general para crear nuevos algoritmos híbridos, combinando diferentes conceptos derivados de la inteligencia artificial, la evolución biológica y los mecanismos estadísticos (Osman and Kelly, 1996).

Los problemas de asignación pueden ser vistos como problemas combinatorios de optimización, los cuales contienen una complejidad que es manejada de mejor forma por los métodos metaheurísticos o y el uso de reglas empíricas (Taha, 2014).

Entre los métodos metaheurísticos más utilizados se encuentran el recocido simulado, búsqueda tabú, algoritmos genéticos y las redes neuronales artificiales (Velez y Montoya, 2007). Para el problema planteado en este proyecto se consideraron posibles técnicas para su resolución tales como los algoritmos genéticos, el recocido simulado y las redes neuronales conjuntamente con lógica difusa. Tomando en cuenta la adaptación y efectividad, el manejo de conocimiento subjetivo o con incertidumbre sobre los datos, el desarrollo del modelo se enfoca en el concepto de Lógica Difusa.

## 2.2 Lógica Difusa

La lógica difusa es una metodología usada ampliamente en el tratamiento de problemas complejos basados en razonamientos cuantitativos, donde abunda la interpretación subjetiva propia del pensamiento humano en cuanto a la clasificación de objetos y conceptos (Cerrada y Rodríguez, 2001). La representación del conocimiento impreciso es de vital importancia en problemas donde la información no siempre es exacta.

El enfoque ofrecido por la lógica difusa es de mucha utilidad en problemas que involucran juicios humanos, generalmente interpretados con etiquetas lingüísticas y representaciones de conceptos con lenguaje natural. Por ejemplo, calificar algo como “bueno”, “regular”, “malo”; calificativos para la altura como “alto”, “mediano”, “bajo”; calificativos para la velocidad como “lento”, “rápido”, “muy rápido”, entre otros.

A través del proceso de fusificación se adquiere la habilidad para modelar problemas reales de este tipo y una metodología para tratar con conocimiento impreciso (?).

La lógica difusa fue introducida como teoría por Lofti A. Zadeh, en 1965. Se fundamenta en el manejo de conjuntos difusos en lugar de conjuntos clásicos con lógica bivaluada, lo que permite cubrir un espectro amplio en el tratamiento de problemas (?).

A continuación se aborda brevemente el concepto de conjunto clásico, y la noción de conjunto difuso como concepto central de la Lógica Difusa.

### 2.2.1 Conjuntos clásicos

Un conjunto se define a través de una función característica, la cual especifica cuáles elementos del universo  $X$  son miembros del conjunto y cuáles no lo son (?). La función de mapeo de un conjunto clásico es:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \forall x \in A \\ 0 & \forall x \notin A \end{cases} \quad (2.1)$$

De acuerdo a la ecuación (2.1), se dice que  $x$  es miembro de  $A$  cuando  $\mu_A(x) = 1$ , y que no es miembro de  $A$  cuando  $\mu_A(x) = 0$ .

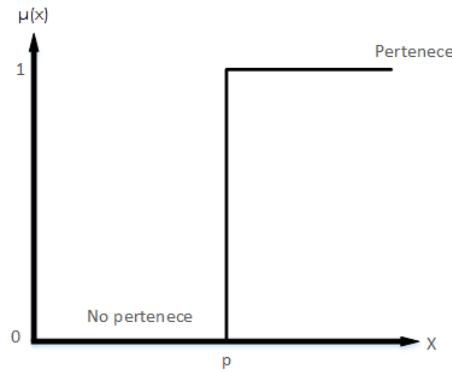


Figura 2.1: Función característica de un conjunto clásico.

Cerrada y Rodríguez (2001), ofrecen explicaciones detalladas sobre las operaciones.

Algunas operaciones y propiedades referentes a conjuntos clásicos son extensivas a los conjuntos difusos. En la siguiente sección se da una breve introducción al comportamiento de los conjuntos difusos como generalización de los conjuntos clásicos.

### 2.2.2 Conjuntos difusos

Al igual que los conjuntos clásicos, un conjunto difuso también cuenta con una función característica que especifica qué elementos pertenecen a él, con la diferencia de que determina un grado de pertenencia al conjunto asociado que varía en el rango real [0-1]. Esta función característica es usualmente denominada *función de pertenencia* o de *membresía* (Cerrada y Rodríguez, 2001). Esto implica que un elemento puede pertenecer en mayor o menor grado a un conjunto, lo que amplía sus posibilidades de clasificación e inyecta la flexibilidad necesaria para manejar conceptos subjetivos.

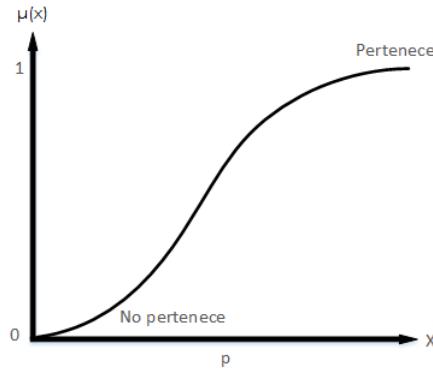


Figura 2.2: Función característica de un conjunto difuso.

Este tipo de enfoque es de mucha utilidad en problemas que involucran juicios humanos, generalmente interpretados con etiquetas lingüísticas y representaciones de conceptos con lenguaje natural. Por ejemplo, calificar a una persona como alta, mediana o baja. Las funciones más comunes utilizadas para definir funciones de pertenencia de conjuntos difusos son las triangulares o las trapezoidales (ver figura 2.3 y figura 2.4). Además, se pueden definir funciones personalizadas que sean de utilidad en problemas particulares.

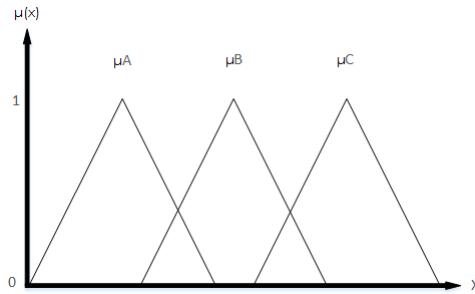


Figura 2.3: Funciones de membresía triangulares.

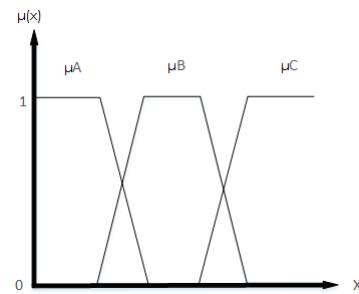


Figura 2.4: Funciones de membresía trapezoidales.

Como se apuntó anteriormente, las operaciones y propiedades de los conjuntos clásicos pueden ser extendidas al concepto de conjunto difuso, de tal manera que también son aplicables la unión, intersección, complemento, asociatividad, distributividad, entre otras.

### 2.2.3 Operaciones sobre conjuntos difusos

Las siguientes operaciones son definidas por Cerrada y Rodríguez (2001) sobre conjuntos difusos, generalizando operaciones de conjuntos clásicos.

- Unión: Sean  $A$  y  $B$  conjuntos difusos sobre  $X$  entonces

$$A \cup B = \text{Max}(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad \forall x \in X \quad (2.2)$$

- Intersección: Sean  $A$  y  $B$  conjuntos difusos sobre  $X$ , entonces

$$A \cap B = \text{Min}(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad \forall x \in X \quad (2.3)$$

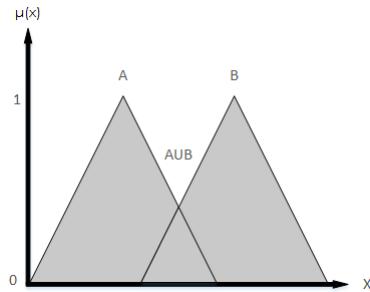


Figura 2.5: Unión de conjuntos difusos.

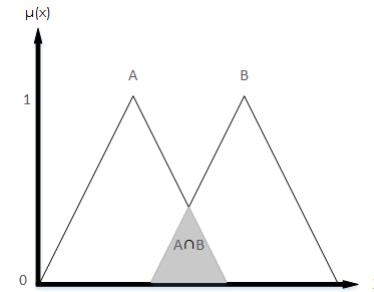


Figura 2.6: Intersección de conjuntos difusos.

- Otra forma de intersección viene dada por la función producto 2.4:

$$A \cap B = A * B \quad \forall x \in X \quad (2.4)$$

Sobre los conjuntos difusos pueden ser aplicadas una serie de operaciones equivalentes a la unión, intersección y complemento. Tales operaciones pueden ser definidas siempre y cuando cumplan con axiomas establecidos para ello. Las operaciones de intersección son generalizadas bajo el concepto de *T-normas* y las de unión bajo el concepto de *T-conormas* o *S-normas*.

#### 2.2.4 Sistemas de inferencia difusa

Los sistemas de inferencia difusa son construidos con base en una colección de conjuntos difusos que modelen el problema a tratar, y reglas difusas que definen las relaciones entre las variables de entrada. En la figura 2.7 se expone un diagrama típico del funcionamiento de un sistema de inferencia difusa.

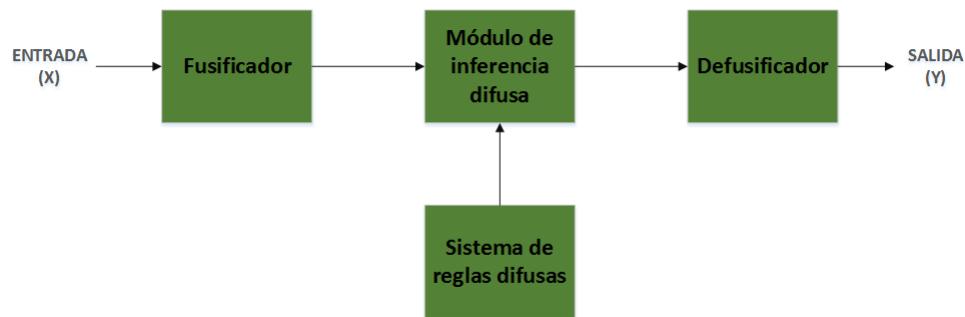


Figura 2.7: Sistema de inferencia difusa.

### Reglas Si-Entonces

La especificación de problemas construidos sobre conocimiento impreciso puede hacerse mediante etiquetas lingüísticas tal que se relacione el estado o función de un objeto de forma sencilla. Las reglas del tipo Si-Entonces ayudan a relacionar conceptos difusos por medio de sus antecedentes y consecuentes, por ejemplo, “Si la temperatura es *alta* entonces *disminuir* la llama”. En esta proposición la variable temperatura puede tomar distintos valores definidos de forma difusa. A la sentencia “temperatura es *baja*” se le conoce como antecedente. El consecuente viene dado por la acción que resulta de la evaluación de los antecedentes, en este caso “*disminuir* la llama”. La regla *Si-Entonces* se define como (?):

$$\text{Si } V \text{ es } V_i \text{ entonces } Y \text{ es, } y_i \quad (2.5)$$

El antecedente y consecuente pueden estar compuestos por varias proposiciones que se combinan mediante operadores lógicos *y*, *o*. Se define como forma general:

$$\text{Si } V_1 \text{ es } V_{1i} \text{ y } V_2 \text{ es } V_{2i} \text{ y } \dots \text{ y } V_n \text{ es } V_{ni} \text{ entonces } Y_1 \text{ es } y_{1i} \text{ y } Y_2 \text{ es } y_{2i} \text{ y } \dots \text{ y } y_n \text{ es } y_{ni} \quad (2.6)$$

Los distintos tipos de reglas, según el número de antecedentes y consecuentes son llamados SISO (*Single input-single output*), MISO (*Multiple input-single output*) y MIMO (*multiple input-multiple output*) (Cerrada y Rodríguez, 2001).

### Implicación y agregación

La implicación es el proceso a través del cual los antecedentes afectan a los consecuentes de un conjunto de reglas difusas. La implicación puede operar a través de la función minimo (2.7), o la función producto (2.8).

$$A(x) \rightarrow B(x) = \min(A(x), B(x)) \quad (2.7)$$

$$A(x) \rightarrow B(x) = A(x) * B(x) \quad (2.8)$$

Otra operación de importancia en los sistemas difusos es la agregación. A través de este proceso es posible combinar varios conjuntos difusos para obtener sólo uno. Esta operación es de utilidad en los sistemas de inferencia difusos cuando se tienen varios conjuntos difusos como salidas de varias reglas. Un función de agregación se define como e la ecuación (2.9):

$$H(A_1, A_2, A_3 \dots A_n) \quad \text{con} \quad n \geq 2 \quad (2.9)$$

La función de agregación general (2.10), está dada por (?):

$$h_\alpha(A_1, A_2, \dots, A_n) = \left( \frac{A_1^\alpha + A_2^\alpha + \dots + A_n^\alpha}{n} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (2.10)$$

Adicionalmente se pueden utilizar algunas *S-normas* para agregar conjuntos difusos de forma sencilla (máximo, suma algebraica, suma producto).

### Fusificación y defusificación

Los procesos de fusificación y defusificación tienen como función trasformar las entradas y salidas del sistema de tal forma que valores de entrada no difusos puedan ser procesados bajo la lógica difusa, y los valores de salida puedan ser interpretados en valores cuantificables que sean de interés al problema real.

El método mas común utilizado para la defusificación es llamado *método del centroide*, el cual consiste en calcular el centroide del área final resultante del proceso de agregación. Está definido por Cerrada y Rodríguez (2001), según la ecuacion (2.11):

$$x^* = \sum_{i=1}^n \frac{w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.11)$$

Donde  $\mu_A(x_i) = w_i$  , es el resultado de la implicación de la entrada  $x_i$  sobre el conjunto de salida, siendo  $A$  un conjunto difuso definido sobre el universo  $X = x_1, \dots, x_n$ . En la figura 2.8 se ilustra el procedimiento.

Existen varios métodos de inferencia para el procesamiento dentro de un sistema difuso. Los principales son el tipo Mamdani y el tipo Takagi-Sugeno-Kang (Cerrada y Rodríguez, 2001).

### Inferencia tipo Mamdani

El método de inferencia difusa del tipo Mamdani considera las funciones de pertenencia de la salida como conjuntos difusos. A través del proceso de agregación, se obtiene un conjunto difuso por cada variable de salida, los cuales tendrán que ser defusificados. El método más común para llevar a cabo este proceso es el *método del centroide*, aunque existen otros como el *centro de gravedad*. En la figura 2.8 se muestra el proceso mencionado.

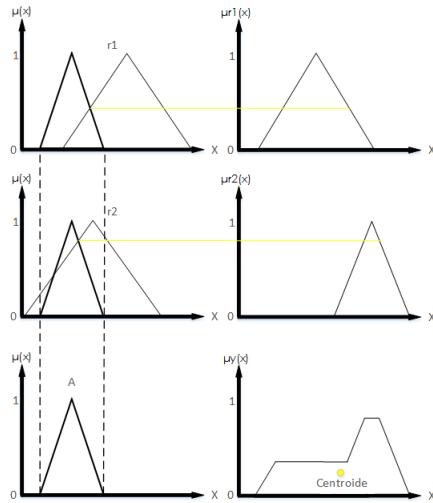


Figura 2.8: Proceso de Agregación. Centroide. Inferencia tipo Mamdani.

### Inferencia tipo Takagi-Sugeno-Kang (TSK)

En este tipo de modelo difuso se consideran los consecuentes como funciones cuantitativas lineales o constantes, y los antecedentes con naturaleza difusa. La expresión general de las reglas de un modelo TSK se define en la ecuación (2.12):

$$\text{Si } U_1 \text{ es } B_{m1} \text{ y } U_2 \text{ es } B_{m2} \text{ y } \dots \text{ y } U_r \text{ es } B_{mr} \text{ entonces } y_m = b_{m0} + b_{m1}u_1 + \dots + b_{mr}u_r. \quad (2.12)$$

Donde  $B_{ij}$  son etiquetas lingüísticas:  $i = 1 \dots m$  y  $j = 1 \dots r$ . Y  $u$  son los valores de entrada:  $u = u_1 \dots u_r$ .

El cálculo de la salida para un sistema TSK viene dado por el promedio ponderado de las respuestas de cada regla, representado por la ecuación (2.13):

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.13)$$

Donde  $w_i$  es la fuerza de disparo de cada regla, definido como  $w_i = O(F_{i1} \dots F_{im})$ , donde  $F_{im}(x)$  es la evaluación del  $m$ -ésimo antecedente de la  $i$ -ésima regla, y  $O$  es el operador correspondiente entre los antecedentes.

## Capítulo 3

# Facultad de Ingeniería de la ULA

Este capítulo se enfoca en describir la organización de la Facultad de Ingeniería de la ULA, de su planta docente, los métodos utilizados para la evaluación de los profesores y la dinámica de asignación de nuevos cargos docentes. De igual manera se tratan los conceptos de docencia, investigación, extensión, mejoramiento y administración, enfocados en el tratamiento que se les da en la institución como información relevante para el desarrollo y comprensión de este proyecto.

### 3.1 Planta profesoral

La planta profesoral de la Facultad de Ingeniería de la ULA cuenta con una composición diversa en la que los profesores se categorizan según su antigüedad, nivel de formación, entre otros aspectos.

Al momento del desarrollo de este proyecto, la Facultad de Ingeniería está compuesta por aproximadamente 270 profesores dedicados a la docencia, investigación, extensión, administración y mejoramiento.

Según el ?, art. 8<sup>1</sup>, el personal docente y de investigación en la ULA está clasificado en condición de: Ordinario, Especial, Honorario y Jubilado.

- Miembros Ordinarios: todos los profesores con escalafón de instructor, asistente, agregado, asociado y titular.
- Miembros Especiales: los auxiliares docentes y de investigación, investigadores y docentes libres, profesores contratados, profesores invitados y visitantes.
- Profesores Honorarios: aquellos que según sus méritos científicos, culturales y profesionales les sea otorgada tal distinción por el Consejo Universitario.
- Profesores Jubilados: profesores que han cumplido los requisitos establecidos en el artículo 102 de la Ley de Universidades y en el título III del libro III del ?, y sean declarados tales por el Consejo Universitario.

---

<sup>1</sup>Estatuto del Personal Docente y de Investigación.

Los profesores cumplirán con sus actividades en el tiempo establecido según su dedicación. Las dedicaciones establecidas en la facultad se denominan como: dedicación exclusiva, tiempo completo, medio tiempo y tiempo convencional (? , art. 109). Las horas correspondientes a cada tipo de dedicación se muestran en la tabla 3.1.

Dedicación	Horas	Observaciones
Exclusiva	40 horas semanales	Incompatible con otras actividades remuneradas fuera de la Universidad.
Tiempo Completo	35 horas semanales	Incompatible con otras actividades remuneradas fuera de la Universidad, salvo casos especiales.
Medio Tiempo	18 horas semanales	Remuneración equivalente a la mitad de la establecida para tiempo completo.
Tiempo Convencional	Hasta 12 horas semanales	Remuneración de acuerdo a la carga horaria y escalafón.

Tabla 3.1: Horas semanales según dedicación.

El escalafón de un profesor se refiere al estado en que se encuentra o al que puede ascender el profesor de acuerdo con sus credenciales, méritos científicos, méritos académicos y años de servicio. Se categoriza como: instructor, asistente, agregado, asociado y titular (? , art. 161-162). Los profesores en cualquiera de estos estados son categorizados como miembros ordinarios del personal docente y de investigación (? , art. 8).

## 3.2 Actividades en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes

Según el ?<sup>2</sup>, en su artículo 2, las actividades que realizan los docentes de la institución se categorizan en distintas áreas: Actividades de docencia, actividades de investigación, actividades de extensión, actividades administrativas y actividades de mejoramiento.

En lo que sigue se introduce una descripción del tratamiento de cada actividad dentro de la Facultad de Ingeniería, según los reglamentos pertinentes.

### 3.2.1 Actividades de Docencia

En cuanto a las actividades de docencia, el ?, art. 3 especifica:

Las actividades de docencia se subdividen en actividades de enseñanza y otras actividades de docencia. Las de enseñanza se refieren al dictado de clases en pregrado, postgrado y sus

<sup>2</sup>Reglamento para la evaluación de actividades de los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes

respectivas evaluaciones. Las otras actividades de docencia se refieren a: publicaciones para fines didácticos (apuntes, guías, problemarios, etc.); asesorías o tutorías de tesis, trabajos de grado, pasantías, planes de formación, jurado de: trabajos de ascenso, concurso para cargos docentes, tesis, trabajos de grado, pasantías y preparadurías. Otras actividades aprobadas por la unidad académica correspondiente.” (p. 1)

La tabla 3.2 resume la valoración de las actividades de docencia en la Facultad de Ingeniería. Otras actividades de docencia tomadas en cuenta se muestran en los apéndices B.1.

Actividad de Docencia	Clasificación	Nº Alumnos	Factor de Ponderación	
			Asig. sola	Asig. Repetida
Por cada hora de clase distinta dictada por el profesor	3 parciales o clase de Postgrado	Hasta 35	3	2
		36-50	3,25	2,25
		mas de 50	3,50	2,50
	3 parciales y trabajo o con 4 parciales	Hasta 35	3,25	2,25
		36-50	3,50	2,50
		mas de 50	3,75	2,75
	3 parciales y proyecto final o con 5 o más	Hasta 35	3,50	2,50
		36-50	3,75	2,75
		mas de 50	4,00	3,00
	parciales Proyecto final	Hasta 35	3	2,25
		36-50	3,25	2,50
		mas de 50	3,50	2,75
Por cada hora de práctica dictada		-	2	-
Por cada hora de laboratorio o taller		-	2	-
Por cada hora de campo		-	2	-
Profesor tutor en Régimen Especial		-	1	-
Por cada hora de seminario		-	2	-

Tabla 3.2: Ponderación de las actividades docentes de pregrado y postgrado.

De acuerdo a las actividades que se realizan en la facultad en cuanto a docencia, se listan algunas características a considerar para la creación de posibles criterios e indicadores para el proyecto.

- Número de alumnos de cada departamento de la escuela.
- Número de alumnos por secciones. Cantidad promedio o esperada de alumnos para las secciones de las asignaturas de los departamentos de la escuela. Según el ?, art. 32<sup>3</sup>, se sugiere la proporción Profesor-Alumno como sigue:
  - Laboratorios, seminarios y talleres: no más de veinticuatro (24) alumnos por profesor.
  - Idiomas: no más de veinticinco (25) alumnos por curso.
  - Clases teóricas: no más de sesenta (60) alumnos por curso.
  - Pasantías clínicas: no más de veinte (20) alumnos por profesor.

La ?<sup>4</sup>, en su cláusula n° 30, establece las cantidades siguientes:

<sup>3</sup>Acta convenio entre APULA y la Universidad de Los Andes

<sup>4</sup>I Convención colectiva única de trabajadores del sector universitario.

- Clases teóricas: no más de treinta (30) alumnos por aula.
- Clases teórico-prácticas: no más de veinte (20) alumnos por actividad.
- Clases en Laboratorios: no más de dieciséis (16) alumnos por laboratorio.
- Clase de taller: no más de dieciséis (16) alumnos por taller.
- Trabajos de campo: no más de veinte (20) alumnos por actividad.
- Trabajos dirigidos: no más de veinte (20) alumnos por actividad.
- Prácticas deportivas: no más de veinte (20) alumnos por sección.
- Pasantías industriales: no más de ocho (8) alumnos por docente.
- Servicio Comunitario: no más de ocho (8) alumnos por docente.

Estas cantidades están sujetas a las condiciones físicas y recursos disponibles para el desarrollo de cada actividad.

- Secciones ofertadas / secciones requeridas. Secciones que deberían ofertarse según la cantidad de alumnos inscritos, la proporción profesor-alumnos acordada en el departamento y profesores disponibles. Secciones requeridas de acuerdo a la demanda de alumnos.
- Profesores disponibles / horas disponibles. Disponibilidad de profesores y horas de docencia de acuerdo la planta profesoral del departamento y dedicación de los mismos.
- Profesores requeridos / horas requeridas. Profesores que se requieren para cubrir la demanda, según las secciones, número de alumnos, etc.
- Número promedio de secciones por profesor.
- Profesores jubilados en los últimos años, profesores jubilados activos, profesores jubilables.
- Secciones atendidas por profesores jubilados y jubilables.
- Materias / departamentos. Asignaturas ofrecidas por los departamentos.
- Factores de multiplicación para ponderación de horas de clases, prácticas, laboratorios, etc. (Tabla 1).
- Dedicación del profesor.
- Según el ?, art. 11, sobre la Carga académica, “los profesores a dedicación exclusiva o a tiempo completo dictarán un máximo de hasta (10) diez horas teóricas semanales distintas, o su equivalente en otras modalidades de la enseñanza, siempre y cuando el resto del tiempo lo justifique con actividades académicas.” (p. 7).

La valoración de las horas de clase se establece allí como sigue:

- Por una hora teórica distinta: 03 horas.
- Por una hora teórica repetida: 02 horas.
- Por una hora de trabajo de laboratorio, seminario, taller, trabajo de campo o tutorías: 02 horas.

- Por una hora de actividad clínica: 02 horas.
- Condición, escalafón y estado del profesor.
- Número de profesores con estados de Becario, Sabático, Autorizado u otra actividad por la cual se prescinda de su presencia en la Escuela/Facultad. Según la Norma para la Aplicación del Programa de Formación y Perfeccionamiento Académico del Personal Docente y de Investigación Ordinario de la Universidad de Los Andes, ningún departamento podrá mantener simultáneamente a más del 10 % de sus profesores en beca, 10 % en año sabático ni más del 10 % en la condición de autorizado, exceptuando a los departamentos que tengan un número menor de diez (10) profesores. En este caso el departamento debe comprometerse a cubrir la carga de los profesores becarios (? , art. 11, art. 24).
- Horas del profesor dedicadas a otras actividades de docencia (Tutorías, jurado, publicaciones, referidas a la actividad docente (ver tabla B.1)).
- Horas en conjunto de los profesores de cada departamento de la escuela dedicadas a otras actividades de docencia.

### 3.2.2 Actividades de Investigación

Para las actividades de investigación, el ?, art. 4 establece:

Las actividades de investigación se refieren a: publicaciones como resultados de trabajos de investigación (artículos, libros especializados, etc.), capítulos en libros especializados, participación con trabajo o invitado a plenaria en eventos científicos; trabajo de investigación conducente a ascenso; producción tecnológica (patente, producto, etc., que tenga factibilidad y/o posibilidad de implementación para resolver algún otro problema tecnológico)(p. 1).

En la tabla 3.3, se listan algunas actividades de investigación establecidas en el ?.

Actividades de Investigación	Hrs. Semana	Semanas	Hrs. Anuales
Artículo científico en revista indizada	8	42	336
Artículo científico en revista con arbitraje	5	42	210
Libro especializado publicado en Editorial reconocida	14	42	588
Capítulo en libro especializado publicado en editorial reconocida	5	42	210
Conferencia plenaria en congreso internacional	6	42	252
Conferencia plenaria en congreso nacional	3	42	126
Patente	12	42	504
Ponencia en congreso internacional	5	42	210
Ponencia en congreso nacional	3	42	126
Producto evaluado por organización, financiado o comisión ad-hoc	6	42	252

Tabla 3.3: Valoración de las actividades de investigación.

De acuerdo a lo anterior se observan algunas características de la investigación que pueden ser consideradas como posibles criterios, indicadores, variables para el proyecto.

La Facultad de Ingeniería cuenta con diversos grupos, laboratorios e institutos dedicados a la investigación, formados por profesores y personal de las distintas escuelas de la facultad. Algunos aspectos a considerar en la construcción de criterios dirigidos al proyecto son:

- Horas dedicadas por el profesor en actividades de investigación como publicación de libros, artículos, ponencias, congresos (considerando la valoración de la tabla 3.3).
- Horas dedicadas en conjunto por los profesores de cada departamento de la escuela en actividades de investigación.
- Promedio de horas dedicadas por los profesores de cada departamento a la investigación.
- Cantidad de artículos publicados por profesores del departamento.
- Cantidad de conferencias y de ponencias aceptadas a los profesores del departamento en eventos de investigación y desarrollo.
- Productos de investigación (Cantidad, impacto, importancia).
- Reputación de cada departamento de la escuela en el área de investigación.
- Proporción de profesores de cada departamento que hacen investigación.

### 3.2.3 Actividades Administrativas

Respecto a las actividades administrativas, el ?, art. 6 dice:

"Las actividades administrativas se refieren a aquellas desarrolladas por: Autoridades Universitarias, Direcciones, Jefaturas, Coordinaciones, Comisiones, Representación Gremial, Jurado de Concursos para Cargos Administrativos, Miembros de Cuerpos Colegiados." (p. 2).

En el ?, se especifica la valoración de los distintos cargos administrativos como se muestra en los apéndices B.3 y B.4. Las actividades administrativas comprenden una parte fundamental y de importancia para el funcionamiento de la universidad. Los cargos administrativos ejercidos por los miembros de la planta profesional están dirigidos al control de las actividades que sostienen a la institución. Las características siguientes se consideran como posibles puntos a tomar en cuenta en el proyecto:

- Carga administrativa de profesores de cada departamento de la escuela.
- Número de profesores miembros de comisiones.
- Número de profesores representantes ante comisiones o consejos.
- Número de profesores miembros de juntas o comités.
- Número de profesores con cargos de coordinador.
- Direcciones de departamentos (Número de departamentos de la escuela).

- Jefatura de laboratorios o centros (Número de laboratorios o centros de cada departamento).
- Profesores con cargos de Decano, Rector, Vicerrector, etc.
- Carga administrativa total de cada departamento.
- Total de cargos administrativos cubiertos por cada departamento.
- Promedio de horas empleadas en actividades administrativas por profesor.
- Proporción de profesores del departamento con cargos administrativos.

### 3.2.4 Actividades de Extensión

El ?, art. 5 señala la naturaleza de las actividades de extensión:

“Las actividades de extensión se refieren a aquellas relacionadas con entes externos. Puede incluir: cursos, charlas, conferencias, asesorías, autorizadas por la unidad académica correspondiente; comisiones y postgrados por convenios previamente autorizados por el Consejo de Facultad donde se especifique las horas de dedicación reconocidas.” (p. 1).

Según la ORIFI<sup>5</sup>, como se especifica en su sitio web (?), algunas de las actividades de extensión que se realizan en la facultad comprenden las siguientes:

- Programación de Pasantías.
- Asistencia Técnica a numerosas empresas del Estado Mérida.
- Proyectos de Control de Calidad e Ingeniería Económica.
- Perfiles Económicos y Estudios de Factibilidad Económica y Tecnológica.
- Apoyo ejecutivo a eventos.
- Organiza y programa Foros, Seminarios, Talleres y Cursos que se dictan desde el nivel de especialización, Actualización y Perfeccionamiento para profesionales y/o personal de nómina mayor del sector Industrial hasta el nivel de adiestramiento y formación para el personal de nómina menor y/o público en general.
- Organiza y programa presentaciones de grupos artísticos (Música Folklórica, Poesía, Teatro, etc.).
- Organiza conciertos de la Coral “Vinicio Adames”, grupo artístico de la Facultad de Ingeniería.
- Adelanta conjuntamente con las Facultades de Ciencias, Ciencias Forestales y la Dirección General de Cultura y Extensión (DICECEX) el proyecto “Círculo de la Universidad de Los Andes para el Manejo Integral de Desechos” (CIULAMIDE).
- Organiza en forma periódica (trianual), las Jornadas Científico-Técnicas de la Facultad de Ingeniería.

---

<sup>5</sup>Oficina de Relaciones Institucionales de la Facultad de Ingeniería

### 3.2.5 Actividades de Mejoramiento

Según el ?, art. 58, n° 2 es obligación del profesor “Mejorar constantemente su capacidad científica y pedagógica”, por lo que los instructores y asistentes deben “someterse a programas de formación y mejoramiento”. Los programas de mejoramiento ejecutados en la Facultad de Ingeniería incluyen becas, años sabáticos, planes de formación, y otras actividades que sean consideradas por la unidad académica correspondiente. Los profesores adscritos de la Facultad de Ingeniería (dedicación exclusiva y tiempo completo\*) deben reportar las actividades cumplidas y propuestas durante el período académico, tomando en cuenta las especificaciones anteriores sobre la valoración de cada actividad. Esto a través de las planillas “Informe de actividades cumplidas” y “Plan de Actividades Propuestas”, según el ?.

## 3.3 Evaluación de las actividades docentes

El ?, indica que los profesores deben presentar informes sobre las actividades cumplidas y propuestas anualmente. Estos informes son recogidos por medio del llenado de las planillas “Informe de Actividades Cumplidas” y “Plan de Actividades Propuestas”. Los informes de actividades cumplidas recogen el rendimiento de cada profesor en el transcurso de un año, respecto a las cinco áreas de actividades de la facultad; es decir, docencia, investigación, extensión, mejoramiento y administración.

Esta información se considera de utilidad para los fines de este proyecto, dado que pueden ser tomados como variables principales para la medición de la prioridad de cada departamento o unidad académica, en el caso de las asignaciones de nuevos cargos.

Con el fin de comprender y analizar el rendimiento de las unidades académicas de la Facultad de Ingeniería, se propuso como fase preliminar estudiar el registro de datos sobre las actividades realizadas en la misma.

Se recolectó información sobre las actividades de docencia, investigación, extensión y administración, contenidos en resúmenes e informes correspondientes a los años 2010, 2011, 2012 y 2013, de los tres departamentos miembros de la Escuela de Sistemas: Computación, Sistemas de Control e Investigación de Operaciones.

En el caso de la Escuela de Sistemas, se cuenta con un formato elaborado en *Excel*, para facilitar el registro de las actividades. De igual forma, los departamentos miembros de la Escuela deben presentar un resumen anual de las actividades de acuerdo a los informes individuales de los profesores adscritos.

En los apéndices A.1, A.2, A y A.4, se anexa el informe sobre los análisis realizados a las planillas de actividades cumplidas y los resúmenes. El informe incluye también recomendaciones sobre el registro de datos en la Facultad de Ingeniería y recoge la construcción de nuevos formatos que faciliten el manejo de la información.

### 3.4 Dinámica de asignación de nuevos cargos docentes

En esta sección se muestran cálculos realizados sobre los porcentajes de actividades recogidos en el resumen de un departamento, para ilustrar los cambios que se dan debido al aumento de horas disponibles del departamento en caso de que se le asigne un nuevo cargo. En la tabla 3.4 se muestra el registro de los totales de un resumen de actividades cumplidas y el promedio para la unidad académica.

TOTALES DE LA UNIDAD ACADEMICA															
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
272,2	-	78,5	-	29,5	-	46,8	-	76,1	-	0,0	-	503,2	404,0	-	
PROMEDIOS PARA LA UNIDAD ACADEMICA															
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
22,7	71,24 %	6,5	16,54 %	2,5	6,14 %	3,9	15,93 %	6,3	16,01 %	0,0	0,00 %	41,9	33,7	125,86 %	

Tabla 3.4: Resumen de actividades de un departamento.

La descripción de cada rótulo se especifica a continuación:

TAD: Total de actividades de docencia.

TOAD: Total de otras actividades de docencia.

TAI: Total de actividades de investigación.

TAM: Total de actividades de mejoramiento.

TAA: Total de actividades de administración.

TAEX: Total de actividades de extensión.

PDAD: Porcentaje de actividades de docencia.

PDOAD: Porcentaje de otras actividades de docencia.

PDAI: Porcentaje de actividades de investigación.

PDAM: Porcentaje de actividades de mejoramiento.

PDAA: Porcentaje de actividades de administración.

PDAEX: Porcentaje de actividades de extensión.

THSA: Total de horas anuales.

HSC: Total de horas semanales de carga según dedicación de los profesores.

PR: Porcentaje de rendimiento.

En este resumen, los totales de la unidad académica son calculados como:

$TAD$  = suma de actividades de docencia de todos los profesores. Para las demás actividades se procede análogamente.

$THSA$  = suma de las  $THSA$  individuales.

$HSC$  = suma de todas las  $HSC$  individuales.

Los promedios para la unidad académica se calculan como se muestra a continuación, o en el caso de la hoja de cálculo se utiliza la función *PROMEDIO()* de *Excel*.

- Promedios de actividades de docencia:

$$\frac{\text{TAD}}{NP}$$

donde  $NP$  es el número de profesores.

- Promedio de porcentajes de actividades: Suma de porcentaje de actividades.

- $THSA$  :

$$\frac{\text{Suma de todas la THSA individuales}}{NP}$$

- $HSC$  :

$$\frac{\text{Suma de todas las HSC individuales}}{NP}$$

- Promedio del porcentaje de rendimiento ( $PR$ ) :

$$\frac{\text{Suma de los porcentajes de rendimiento}}{NP}$$

Si al registro mostrado en la figura anterior se le anexan 40 horas, equivalente a un (1) cargo de dedicación exclusiva, repartidas entre todos los profesores, sin aumentar las horas de las actividades realizadas, los porcentajes de rendimiento varían como se muestra en la tabla 3.5:

TOTALES DE LA UNIDAD ACADEMICA															
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
272,2	-	78,5	-	29,5	-	46,8	-	76,1	-	0,0	-	503,2	444,0	-	
PROMEDIOS PARA LA UNIDAD ACADEMICA															
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
22,7	60,37 %	6,5	15,25 %	2,5	5,67 %	3,9	12,15 %	6,3	14,77 %	0,0	0,00 %	41,9	37,0	108,21 %	

Tabla 3.5: Variación con aumento de 40 horas.

Si se le anexan 80 horas equivalente a 2 cargos de dedicación exclusiva, varía según la tabla (3.6).

TOTALES DE LA UNIDAD ACADEMICA															
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
272,2	-	78,5	-	29,5	-	46,8	-	76,1	-	0,0	-	503,2	484,0	-	
PROMEDIOS PARA LA UNIDAD ACADEMICA															
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
22,7	54,01 %	6,5	14,15 %	2,5	5,26 %	3,9	10,39 %	6,3	13,70 %	0,0	0,00 %	41,9	40,3	97,52 %	

Tabla 3.6: Resumen con un aumento de 80 horas.

Como se puede observar, el porcentaje de rendimiento se reduce con cada cargo agregado. Igualmente, el porcentaje de las actividades se ve reducido en los dos casos planteados (usando como base el número de profesores y usando como base el número de horas de dedicación).

A continuación se comparan los porcentajes de actividades y rendimiento al agregar nuevas horas (cargos nuevos) a un departamento. Las entradas al proceso son los totales de cada actividad de cada profesor (estos datos están disponibles en los resúmenes de actividades cumplidas), y la carga horaria de cada profesor según su dedicación ( $HSC$ ).

TAD	TAOD	TAI	TAM	TAA	TAEX	HSC	THSA
13,00	2,95	3,00	0,00	39,00	0,00	43,64	57,95
9,00	5,43	2,29	29,52	3,52	0,76	43,64	50,52
4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,64	4,00
30,31	5,52	2,43	6,00	5,00	2,29	43,64	51,55
29,89	0,24	0,00	0,00	2,95	1,00	40,64	34,08
4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,64	4,00
22,00	3,33	85,00	1,90	1,45	0,00	43,64	113,69
30,86	0,19	6,57	0,00	2,43	0,57	43,64	40,62
24,92	0,62	15,00	0,00	1,00	0,00	43,64	41,54
37,34	2,62	0,00	0,00	16,71	0,00	43,64	56,67
4,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	8,64	5,00
209,32	20,90	114,29	37,43	73,07	4,62	370,00	459,63

Tabla 3.7: Datos de un departamento.

A partir de estos datos, se calculan los porcentajes promedios de cada actividad para el departamento. *THSA* se calcula como la suma de las horas de cada actividad. Los cálculos son realizados como se especificó anteriormente. El diagrama 3.1 ilustra el proceso que se lleva a cabo con los datos:

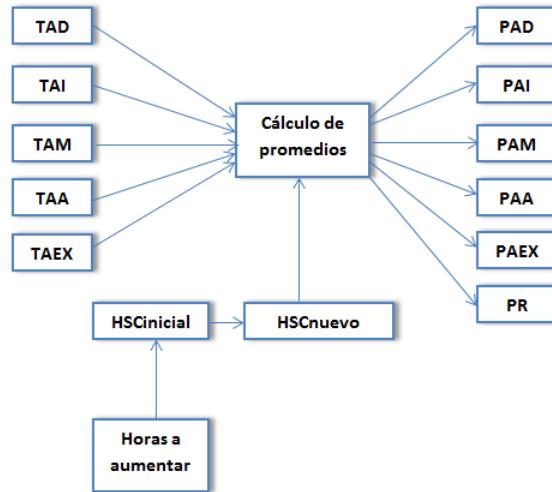


Figura 3.1: Diagrama del proceso de cálculo.

En la salida se reflejará el cambio cada vez que se introduzcan nuevas horas a aumentar para *HSC*, para visualizar el resultado con las horas originales. En el caso inicial, con la carga horaria original para el departamento se tiene que el rendimiento *PR* es de 124,22 %.

PDAD	PDAOD	PDAI	PDAM	PDAA	PDAEX	THSA	PR
56,57 %	5,65 %	30,89 %	10,12 %	19,75 %	1,25 %	41,78	<b>124,22 %</b>

Tabla 3.8: Promedio inicial de los datos.

Agregándole 40 horas al departamento para simular la asignación de 1 cargo de dedicación exclusiva se tiene un *PR* de 112,11 %.

PDAD	PDAOD	PDAI	PDAM	PDAA	PDAEX	THSA	PR
51,05 %	5,10 %	27,87 %	9,13 %	17,82 %	1,13 %	41,78	<b>112,11 %</b>

Tabla 3.9: Promedio de los datos con aumento de 40 horas.

Suponiendo que se agregan 2 cargos (80 horas), el *PR* disminuye a 102,14 %.

PDAD	PDAOD	PDAI	PDAM	PDAA	PDAEX	THSA	PR
46,52 %	4,64 %	25,40 %	8,32 %	16,24 %	1,03 %	41,78	<b>102,14 %</b>

Tabla 3.10: Promedio de los datos con aumento de 80 horas.

## Capítulo 4

# Modelo de asignación de cargos

Los análisis realizados en distintas fuentes de información sobre los departamentos, ayudan a delimitar y especificar los datos y variables que influyen en sus necesidades, y a comprender el funcionamiento y el papel que juega cada uno en la situación docente y estudiantil. Anteriormente en la Universidad de Los Andes se han propuesto algunas herramientas que han sido de utilidad en el proceso de asignación de cargos, como son los baremos elaborados en la Facultad de Arquitectura y Diseño, y en la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

### 4.1 Criterios y variables

La revisión y análisis de los informes de actividades cumplidas, cuya función es recoger información sobre las actividades de los profesores para evaluar su rendimiento, se detalla en el apéndice A. Este estudio preliminar también contribuye en la construcción de variables de interés, por medio de un análisis interpretativo de los valores plasmados.

#### 4.1.1 Estudio preliminar de criterios y variables

El baremo de la Escuela de Ingeniería Eléctrica fue desarrollado como herramienta para argumentar la solicitud de nuevos cargos docentes en la unidad académica (Viloria, 2015). Este baremo está basado en el desarrollado en la Facultad de Arquitectura y Diseño (Rodríguez, 2010). En la versión de la Escuela de Ingeniería Eléctrica se observan cálculos sobre la deficiencia de profesores para cada materia, el cual es extendido luego para cada departamento y para la escuela.

La necesidad de cargos de una escuela dependerá de la disponibilidad horaria de cada profesor. La disponibilidad horaria influye a su vez en la cantidad de secciones que se pueden ofertar de cada materia. La cantidad de secciones influye en el número de alumnos que tendrá cada sección. El número de alumnos inscritos es una variable externa dada por datos del semestre inmediato anterior o actual.

Los siguientes valores influyen en la disponibilidad horaria de un profesor: horas de carga asignada, que va ligada a la dedicación del profesor, que puede ser dedicación exclusiva (DE), tiempo completo (TC), medio tiempo (MT) o tiempo convencional (Tconv); horas dedicadas a las actividades de administración; profesores en estado de beca, plan de formación, año sabático, permiso remunerado o no remunerado, entre otros.

Los límites sugeridos en cantidad de alumnos por sección están establecidos en normas o reglamentos (??), los cuales dependen de la modalidad del curso. En la revisión al baremo construido para la Escuela de Eléctrica, se encontraron los siguientes puntos:

- Los cálculos se hacen en base a las materias de cada área de conocimiento.
- Cada materia puede ser dictada por un conjunto de profesores pertenecientes al área correspondiente.
- El cálculo de las secciones de la materia que pueden ser atendidas se basa en la capacidad horaria de los profesores a *DE* y *TC*. Se utiliza como horas disponibles para clases un límite de 30.
- El número de alumnos que debe tener cada sección, según sugerencias por modalidad del curso, varía entre 15 y 30.
- El número de alumnos que deben inscribirse se toma como el número de alumnos inscritos para cada materia en OREFI, es decir, la cantidad real del semestre actual o más cercano.
- El número de profesores requeridos para la asignatura se basa en un cálculo que utiliza factores ligados al tipo de materia (especial o estándar) y factores ligados a la dedicación del profesor.
- Se calcula el déficit de profesores como la diferencia de los profesores requeridos y los disponibles. Luego se anexa también el déficit de profesores debido al porcentaje reglamentario de profesores que puede estar de sabático, beca, permiso, etc. En este caso se ha usado el 20 % del total de profesores. Según el ?, art. 11, art. 24, es un 10 % de profesores para becas, un 10 % para años sabáticos, sólo en caso de que sean más de 10 profesores.
- Se anexa también el déficit por carga administrativa, para lo cual se toma en cuenta solo aquellos cargos que tengan más de 10 horas administrativas.
- Se anexa las horas sobrantes en la carga académica.
- Finalmente se combinan cada déficit para obtener el total por área académica y facultad.
- No se especifica realmente la cantidad de profesores en beca, sabático, etc. Sólo se asume el 20 % de déficit total.
- No se especifica la cantidad de profesores jubilables o jubilados activos.
- No se toman en cuenta explícitamente las áreas de investigación y extensión.

Por otro lado, se encuentran algunas restricciones en los informes de actividades que impiden realizar cálculos similares a los del baremo de la Escuela de Ingeniería Eléctrica:

- En la planilla debe estar recogido el número de estudiantes en cada sección para poder aplicar correctamente los factores de ponderación de horas teóricas. En caso de que sea usado debidamente, no se debe incluir nuevamente el estudio de la cantidad deseable de alumnos por sección y la cantidad real inscrita de alumnos por sección, ya que estaría incluido implícitamente los factores utilizados.
- En el baremo de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, las horas que dedica un profesor a *DE* o *TC* a clases deben ser 30. Según esto, el Porcentaje de Actividades Docentes (*PAD*) calculado en las planillas de informes de actividades cumplidas debe reflejar como máximo, 75 % para *DE* y 85,7 % para *TC*. El resto debería ser repartido entre las otras actividades. Otro tema a recordar en este punto es el llenado de los informes sólo por personal a *DE*, como lo establece el ?, art.58, num 2.a, o discutir si este debe extenderse a todo el personal docente, como parecer suceder actualmente para el caso del personal a *TC*, *MT* y *Tconv*.

En resumen, los valores plasmados en los informes de actividades miden el desempeño del departamento según las horas dedicadas a las actividades. Por la naturaleza comprimida de los valores, se hace difícil la interpretación de los mismos para un análisis más detallado en cuanto a número de estudiantes, límites de alumnos y secciones, y estado de los profesores. Por estas razones se considera seleccionar algunas variables de interés basadas en las observaciones de los baremos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y la Facultad de Arquitectura y Diseño, además de observaciones realizadas en informes proporcionados por los departamentos en cuanto a situación docente y estudiantil (ver apéndice A).

Cada departamento de la Escuela de Sistemas recoge datos de importancia para el proyecto, relacionados a la demanda estudiantil. Entre los datos que recogen se tiene información sobre la situación estudiantil y docente junto con los indicadores: número de estudiantes por profesor, número promedio de secciones por profesor, número de secciones atendidas por profesores jubilados y jubilables, porcentaje de profesores jubilables, entre otros. En la tabla 4.1 se muestra el resumen de estos datos por cada departamento para el año 2014.

Departamentos	Estudiantes por profesor	Nº promedio de secciones por prof.	Nº de sec. atendidas por prof. Jubilados y Jubilables	% de jubilables	Nº total de sec. requeridas (30 est./sec.)	Nº total de secciones B2013	% de secciones cubiertas
<i>D</i> <sub>1</sub>	20,6	1,5	1	8	9	20	223,9
<i>D</i> <sub>2</sub>	40,2	1,3	5	7,7	22	26	118
<i>D</i> <sub>3</sub>	44,1	1,5	8	25	20,1	20	99,5

Tabla 4.1: Datos recogidos por los departamentos de la EISULA. Año 2014.

Si se observan detenidamente los valores en la tabla 4.1, se puede inferir que el departamento con más necesidad es el “*D*<sub>3</sub>”, debido a que cuenta con valores mayores para los factores considerados como indicadores: mayor cantidad de estudiantes y secciones por profesor, mayor presencia de profesores jubilados y jubilables, y mayor número de secciones requeridas. Probablemente debido a esto no

alcanza su capacidad para cubrir el 100 % de secciones requeridas.

El límite de alumnos por sección utilizado es de 30, sin hacer distinción entre materias teóricas, laboratorios o prácticas. Cada departamento establece un “número de materias que deberían dictarse” y se compara con las que se han podido ofertar. La tabla 4.2 muestra los valores resumidos. En la fila “Promedios” se calcula la media de los valores para cada columna. Luego para cada departamento, se calcula la diferencia entre su valor y la media obtenido, de igual forma para todos los factores especificados en la tabla 4.1. Por ejemplo, para la columna “Estudiantes por profesor”, se obtiene el promedio como:

$$\text{Promedio} = \frac{20,6 + 40,2 + 44,1}{3} = 35,0$$

Mientras que las diferencias para cada departamento se calculan como:

$$D_1 = 20,6 - 35,0 = -14,6$$

$$D_2 = 40,2 - 35,0 = 5,2$$

$$D_3 = 44,1 - 35,0 = 9,1$$

Esto refleja la distancia que existe entre los valores medios y los valores correspondientes a cada uno, mostrando los excesos o faltas que tengan los departamentos, para cada factor.

Los totales de la última columna son calculados como la suma de las diferencias para cada factor. De esta manera se construye un valor que resuma las diferencias entre las medias y los factores de cada departamento. Los valores altos positivos reflejan la posición del departamento por encima de la media total, mientras que los negativos indican que el departamento ocupa una posición por debajo del promedio, considerando así a los departamentos con mayor valor positivo como los de mayor necesidad.

Departamentos	Estudiantes por profesor	Nº promedio de secciones por prof.	Nº de sec. atendidas por prof. Jubilados y Jubilables	% de jubilables con carga de 30 est./sec.	Nº total de sec. requeridas	% de secciones cubiertas	Totales
Promedios	35,0	1,5	4,7	13,6	17,0	147	
$D_1$	-14,3	0,1	-3,7	-5,6	-8,0	-76,8	-108,3
$D_2$	5,2	-0,1	0,3	-5,9	5,0	29,1	33,7
$D_3$	9,1	0,1	3,3	11,4	3,1	47,6	74,6

Tabla 4.2: Comparación de diferencias basada en datos de la EISULA. Año 2014.

Al analizar esta tabla, según los valores reflejados se puede llegar a la conclusión de que el departamento con mayor necesidad de nuevos cargos es “ $D_3$ ”. Suponiendo que se compara cada valor con el promedio entre los 3 departamentos, el resultado indica que el departamento de “ $D_3$ ” (con la suma más alta) refleja mayor necesidad, como se había sugerido anteriormente.

### Análisis de conceptos para la estructura del modelo

Se puede pensar en las áreas de investigación, extensión, mejoramiento, administración como áreas de apoyo y servicio a la docencia. De esta manera, cabe preguntarse cómo influye cada área en la disponibilidad de los profesores para cubrir las actividades de docencia urgentes y hasta qué límite se le debe dar importancia a cada área. Indudablemente la urgencia de atención de las actividades de docencia depende de la cantidad de alumnos que demandan cupos en las materias, combinado con la restricción de cantidad deseable de alumnos, que generalmente por el déficit de profesores disponibles termina siendo relegada, lo que puede afectar el rendimiento de los estudiantes. La figura 4.1 muestra algunos factores de interés sobre la necesidad del departamento.



Figura 4.1: Factores de interés sobre la necesidad de un departamento.

¿Qué papel jugarían los valores recogidos en los informes de actividades? Si se utiliza un esquema similar al baremo de eléctrica, los valores *PAD*, *POAD*, *PAI*, *PAM*, *PAEX*, *PAA*, no permitirían estudiar individualmente variables como el número de alumnos por sección, debido a que está implícita en el valor *PAD*, o *POAD*. De la misma manera, el número de cargos administrativos estaría implícito en *PAA*, y el número de profesores en beca, sabático, etc., estaría implícito en *PAM*. Por otro lado, la interpretación de estos valores y sus promedios, por su naturaleza resumida, se hace difícil. Determinar los límites aceptables de estos valores puede presentar contradicciones. Por ejemplo, si un profesor (o departamento) tiene un rendimiento *PAI* de 150 %, ¿es malo o bueno? ¿En qué medida se incurre en exceso? ¿En qué medida se considera insuficiente? Que un departamento tenga un *PR* total por encima de 150 %, puede indicar que los profesores están saturados de actividades, por lo que tendrían urgencia de nuevos cargos, o puede indicar que incurren en excesos en el resto de las áreas, no necesariamente en docencia.

Estudiar y analizar cada porcentaje sin desligarse de los otros podría ayudar a entender cómo se distribuyen las horas del departamento en las actividades, y tomar decisiones sobre los ajustes a realizar. ¿Implica esto que no se debería incentivar la investigación, extensión, y mejoramiento del personal? Dependiendo del enfoque que se tenga respecto a las prioridades de la facultad o escuela, la importancia de cada área debe ser establecida. Un enfoque equitativo para cada área quizás no sea conveniente, teniendo en cuenta el esfuerzo que debe hacerse siempre en el área de docencia por la creciente demanda de los estudiantes.

Dado que se pretenden incluir como base de comparación para la asignación de cargos las distintas áreas que se llevan a cabo en la Facultad, se consideran los valores plasmados en los informes de actividades cumplidas de la Facultad de Ingeniería, además del análisis realizado sobre los baremos mencionados, como preliminares para elaborar una estructura que responda al objetivo del proyecto. De modo que se estudiaron los valores de *PAD*, *POAD*, *PAI*, *PAA*, *PAM*, *PAEX*, además de considerar algunas otras variables de interés y distintas formas de agrupación de variables, con el fin de realizar pruebas sobre la utilidad, influencia y relevancia de cada valor dentro de la toma de decisiones, y su adaptación en modelos de lógica difusa. Para tomar en cuenta las distintas áreas de actividades se especifican variables que consideren la Docencia, Investigación, Extensión, Administración y Mejoramiento. Algunas ideas sobre la agrupación de las variables se muestran a continuación:

- Opción 1: *DIEO*

- Docencia: se propone combinar en una sola variable los factores: *PAD*, *POAD* (tomadas de los informes de actividades), proporción de profesores jubilables, promedio de alumnos por profesor, promedio de secciones por profesor, entre otras.
- Investigación: se propone tomar *PAI*.
- Extensión: se propone tomar *PAEX*.
- Otras: se propone combinar en una sola variable los factores *PAA* y *PAM*.

Desventajas: Las variables *PAD* y *POAD* incluyen implícitamente información sobre alumnos por profesor, secciones, etc, por lo que incluir estos factores podría resultar en redundancia. No hay seguridad de que sea conveniente combinar los factores *PAA* y *PAM* debido a la naturaleza distinta de las áreas.

- Opción 2: *DIEMA*

- Las áreas de Docencia, Investigación y Extensión se toman de la misma manera que la opción 1.
- Las variables sobre Administración y Mejoramiento se toman separadas.

Este caso presenta dificultades similares a la opción 1, pero toma las actividades *PAA* y *PAM* como individuales.

- Opción 3: *DIEMA* más otras.
  - Docencia: se toma la combinación de *PAD* y *POAD*.
  - Investigación: se toma *PAI*.
  - Extensión: se toma *PAEX*.
  - Mejoramiento: se toma *PAM*.
  - Administración: se toma *PAA*.

Luego podría incluirse el resto de variables y se evalúa con el sistema difuso: Proporción de profesores jubilables, promedio de alumnos por profesor, promedio de secciones por profesor, proporción de profesores en beca-sabático, proporción de profesores con cargos administrativos.

Desventajas: Los valores resumidos del rendimiento en cada área no permiten analizar de forma más detallada la situación estudiantil y docente del departamento, como el déficit de profesores, promedios, etc.

Una estructura posible se puede desarrollar con la opción 1 de la manera que se muestra en la figura 4.2, junto con el flujo del proceso para modelos de lógica difusa. La entrada al sistema difuso estaría compuesta por indicadores construidos a partir de las variables anteriores, por medio de pesos de importancia para cada área. En esta estructura, *PAP* es el promedio de alumnos por profesor, *PS* es el promedio de secciones por profesor y *PJ* es la proporción de profesores jubilables.

Con el fin de manejar los distintos porcentajes de rendimiento en cada actividad, los pesos que se le asignarían a cada área podrían ser de ayuda en este caso. Las áreas que se consideren de mayor importancia en el momento de la asignación de cargos, tendrán un peso acorde con los requerimientos. En este diagrama se observa que se construyen indicadores para cada área luego del cálculo de cada variable. Se obtiene la prioridad para cada departamento y se comparan durante ciclos para realizar las asignaciones. Durante el ciclo se actualizan los datos de departamento (se modifican los datos de informes de actividades y se repite el ciclo hasta que se acaben los cargos). Este enfoque puede resultar en un procesamiento lento y necesita obligatoriamente la revisión de los informes de actividades actualizados en cada ejecución.

### Sobre indicadores

En el siguiente apartado se muestran algunos análisis y pruebas sobre el uso de pesos dentro de la construcción de indicadores de interés para el sistema difuso.

Se asume que las variables tomadas se referirán a cada área y a cada una se le asocia un  $\alpha_i$  tal que:

$\alpha_i$  es el grado de importancia o peso para cada área.

$X_i$  es el porcentaje de cada actividad cubierta por el departamento.

Por lo tanto,  $\frac{X_i}{\alpha_i}$  indica la medida en que un departamento cubre los requerimientos del momento para la asignación. A continuación se muestra un ejemplo con la aplicación de indicadores. La tabla 4.3, recoge los porcentajes de actividades y de rendimiento de un departamento

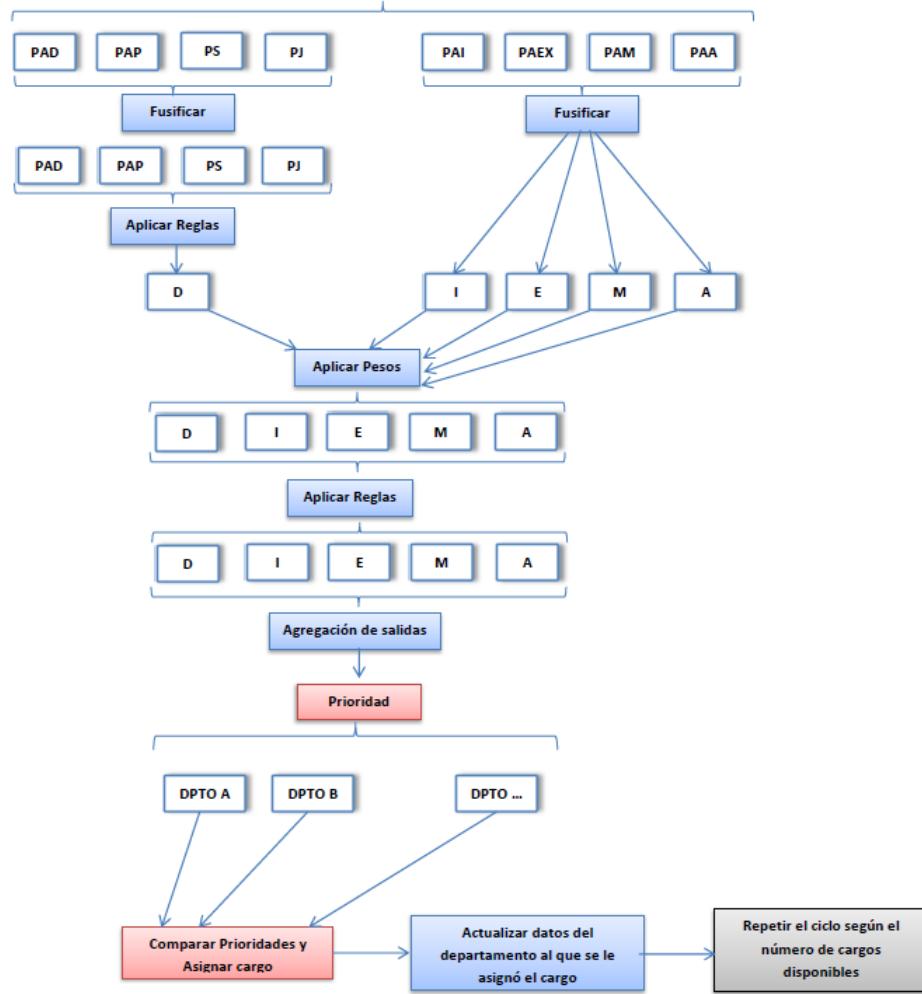


Figura 4.2: Una estructura de procesamiento preliminar.

$PAD_x$	$PAI_x$	$PAEX_x$	$PAM_x$	$PAA_x$
63,43	34,63	1,40	11,34	22,14

Tabla 4.3: Datos de entrada. Porcentaje de actividades del departamento “x”.

$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
45 %	20 %	5 %	20 %	5 %

Tabla 4.4: Pesos de cada área.

$IAD_x$	$IAI_x$	$IAEX_x$	$IAM_x$	$IAA_x$
1,41	1,73	0,28	0,57	4,48

Tabla 4.5: Indicadores resultantes.

- IAD: Indicador de Actividades de Docencia.  
 IAI: Indicador de Actividades de Investigación.  
 IAEX: Indicador de Actividades de Extensión.  
 IAM: Indicador de Actividades de Mejoramiento.  
 IAA: Indicador de Actividades de Administración.

En este caso, para las actividades de Administración se estableció una importancia o peso de 5 % sobre todas las actividades. IAA indica que el porcentaje de actividad está por encima de lo que se requeriría. Estos indicadores pueden ser usados para construir conjuntos que puedan utilizarse en un modelo de Lógica Difusa. Se pueden construir rangos o conjuntos para etiquetar cada indicador, como por ejemplo: Bajo, Regular, Aceptable, Alto, como se muestra en la figura 4.3.

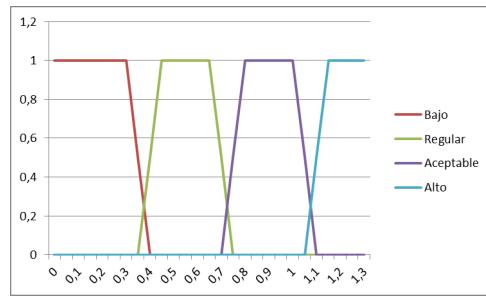


Figura 4.3: Funciones de pertenencia para los indicadores.

En la tabla 4.6 se muestra un ejemplo de clasificación para las combinaciones de conjuntos de los indicadores anteriores. Por ejemplo:

- Si hay 5 actividades en Bajo entonces Prioridad es Baja.  
 Si hay 5 actividades en Alto entonces Prioridad es Alta.  
 Si hay 2 en Bajo y 3 en Aceptable entonces Prioridad es Normal.

BAJO	REGULAR	ACEPT	ALTO	PRIORIDAD	BAJO	REGULAR	ACEPT	ALTO	PRIORIDAD
5	0	0	0	BAJA	2	2	1	0	MEDIA
0	5	0	0	MEDIA	2	2	0	1	NORMAL
0	0	5	0	NORMAL	2	1	2	0	NORMAL
0	0	0	5	ALTA	2	1	0	2	NORMAL
4	1	0	0	BAJA	1	2	2	0	NORMAL
4	0	1	0	BAJA	1	2	0	2	ALTA
4	0	0	1	BAJA	3	1	1	0	BAJA
1	4	0	0	MEDIA	3	1	0	1	BAJA
1	0	4	0	NORMAL	1	3	1	0	MEDIA
1	0	0	4	ALTA	1	3	0	1	MEDIA
2	3	0	0	MEDIA	1	1	3	0	ALTA
2	0	3	0	MEDIA	1	1	0	3	ALTA
2	0	0	3	NORMAL	2	1	1	1	MEDIA
3	2	0	0	BAJA	1	2	1	1	MEDIA
3	0	2	0	BAJA	1	1	2	1	NORMAL
3	0	0	2	BAJA	1	1	1	2	NORMAL

Tabla 4.6: Algunas reglas sobre los indicadores.

Estos estudios son tomados como base para la comprensión del manejo de las variables en dirección

a la construcción de una estructura eficiente para la asignación de cargos. De este modo se continúa con la búsqueda de esta estructura, como lo muestra la siguiente sección, con la especificación de datos y el uso de los mismos dentro de la construcción de variables, así como formas de asignación de cargos.

### **Definición y manejo de variables. Otro enfoque**

En esta sección continúa el estudio sobre las distintas configuraciones que pueden tomarse en cuenta para el procesamiento de datos, tratamiento de variables y ejecución del sistema difuso.

- Área de docencia: Como se ha mencionado anteriormente, la necesidad de un departamento en el área de Docencia puede ser determinada en función de variables como: proporción de profesores jubilables, proporción de profesores jubilados activos, promedio de alumnos por sección, promedio de alumnos por profesor, porcentaje de rendimiento en docencia, entre otras que sean consideradas influyentes para los asuntos docentes. De acuerdo a esto, se proponen las siguientes definiciones para variables que puedan ser tomadas para el sistema difuso.

Descripción de variables:

- *PAD*: es el porcentaje de actividades de docencia (registrado en los informes de actividades cumplidas).
- Proporción de profesores jubilables (*PJ*): Proporción de profesores del departamento que han cumplido con la antigüedad para jubilarse. La presencia de profesores jubilables en un departamento puede afectar la capacidad para cubrir la demanda de secciones y alumnos por atender. Si la proporción de profesores jubilables es *alta*, el departamento podría tener una necesidad de cargos importante para períodos próximos, principalmente para cubrir la docencia. Se debe considerar un aumento en la prioridad del departamento (a través de un factor de ajuste). La definición de la proporción como *alta* debe ser establecida de acuerdo a los datos observados. Si la proporción de profesores jubilables es *baja*, la prioridad del departamento no debe modificarse.

$$PJ = \frac{\text{Número de profesores jubilables}}{\text{Número total de profesores del departamento}}$$

Ejemplo: Un departamento tiene 10 profesores en total, y entre ellos hay 3 profesores jubilables, por lo tanto  $PJ = \frac{3}{10} = 0,33$ . Este valor puede servir como factor para modificar el valor de la necesidad del departamento, como se verá más adelante.

- *PJA*: Proporción de profesores Jubilados activos. La presencia de profesores jubilados activos representa un riesgo latente de disminución de la capacidad del departamento. Mientras aumente esta proporción, aumenta la necesidad de cargos del departamento.

De forma análoga a la definida para la proporción de profesores jubilados ( $PJ$ ), se calcula el factor  $PJA$  como sigue:

$$PJA = \frac{\text{Número de profesores jubilados activos}}{\text{Número total de profesores del departamento}}$$

La medida de la necesidad de un departamento en el área de Docencia puede ser definida como  $D$  (Docencia), de la siguiente manera:

$$D = PAD * (1 + PJ + PJA)$$

De esta manera,  $PAD$  aumenta de acuerdo a la proporción de los factores  $PJ$  y  $PJA$ . Esto significa que mientras más riesgo de perder cargos activos tenga el departamento, mayor será el valor de  $D$ . Este valor será utilizado en el sistema difuso, el cual evalúa las prioridades del departamento en cada área. Si el indicador de necesidad en cada área es categorizado como muy *alto* (mucho más del 100 % requerido), se asume que el departamento tiene una sobrecarga de actividades en el área, por lo que se concluye que asignándole un nuevo cargo, disminuirían las cargas excesivas para los profesores.

Ejemplo: Un departamento con 50 % de actividades docentes cumplidas (de la carga total),  $PJ = 0,3$  y  $PJA = 0,02$ , tendría un valor  $D = 50 * (1 + 0,3 + 0,2) = 75$ . Si las proporciones  $PJ$  y  $PJA$  son 0, entonces se toma como indicador el  $PAD$  de 50 %.

Otra variable que se puede tomar en consideración para modificar  $D$ , es el promedio de alumnos por sección, o el promedio de alumnos por profesor. En base a una cantidad de alumnos por sección recomendada, se puede determinar si un departamento tiene sobrecarga en ese sentido. El enfoque mostrado sobre esta variable, y la manera como se aplican los factores sobre el rendimiento de docencia, debe ser estudiado y analizado a fondo para determinar si es conveniente este tratamiento.

- Promedio de alumnos por profesor, alumnos por sección ( $PAP, PAS$ ):

El cálculo de promedios de alumnos por sección o alumnos por profesor implica la consideración de algunos detalles tales como la cantidad de secciones que atiende un profesor y la cantidad de alumnos que están inscritos en varias secciones (asignaturas distintas). A partir de este valor y con base en la cantidad de alumnos recomendados para cada sección, denotado por  $K$ , se puede calcular la sobrecarga de alumnos por sección del departamento. Ejemplo: Si el promedio de alumnos por sección ( $PAS$ ) es 25,72 y la cantidad recomendada es  $K = 20$ , entonces  $\frac{PAS}{K} = 1,28$ . Este valor puede ser tomado como un indicador a considerar para el sistema difuso. Suponiendo que entre 0 y 1,5 se considera un valor

dentro de lo normal, y si es mayor que 1,5 el valor es excesivo, entonces el indicador de necesidad de la Docencia puede ser modificado como sigue:

$$\begin{cases} D = PAD * (1 + PJ + PJA + PAS/K) & PAS/K > 1,5 \\ D = PAD * (1 + PJ + PJA) & 0 < PAS/K < 1,5 \end{cases}$$

Es decir, en el caso en que el promedio de alumnos por sección sobrepase en más de 50 % a la cantidad recomendada, se aumenta la necesidad del departamento en el área de docencia en proporción al exceso de alumnos por sección. En caso contrario, la necesidad del departamento permanece igual.

- Para las áreas de Investigación y extensión también se toman, como en opciones anteriores, los valores de rendimiento de los informes de actividades, es decir:

$$I = PAI.$$

$$E = PAEX.$$

### **Uso de los indicadores en el caso actual**

Para determinar la necesidad del departamento en cuanto a la asignación de cargos, se consideran las opiniones de los profesores sobre la importancia de cada área de actividades al momento de la asignación. Esta importancia es interpretada como un peso para cada área, el cuál será usado para construir los indicadores que permitan estudiar la necesidad de cada departamento. Suponiendo que los pesos para cada área son  $\alpha_D$ ,  $\alpha_I$ , y  $\alpha_E$ , los indicadores, de manera similar a enfoques anteriores, son:

$$ID = \frac{D}{\alpha_D} \quad II = \frac{I}{\alpha_I} \quad IE = \frac{E}{\alpha_E}$$

Estos indicadores serían utilizados como entradas al sistema difuso que determine las prioridades de cada departamento, para apoyar la toma de decisiones sobre la asignación de cargos.

### **Algunas consideraciones adicionales**

A continuación se exponen algunas consideraciones sobre los conceptos y variables tratados para el proyecto.

- Las variables para las áreas de Administración y Mejoramiento pueden ser tomadas de la misma manera que Investigación y Extensión, o si se requiere anexar alguna otra variable que influya en una de ellas, proceder como en el caso de la Docencia.
- En el caso de las actividades administrativas: En el informe de actividades cumplidas se recogen las horas dedicadas a estas actividades. Como variable alternativa se pudiese usar la proporción

de profesores con cargos administrativos. En el baremo de la Escuela de Eléctrica, se toman en cuenta los cargos administrativos con más de 10 horas (Decanato, jefes de departamento, jefes de laboratorios, entre otros), y estos se anexan al cálculo del déficit de profesores disponibles (para la docencia).

- En el caso de las actividades de mejoramiento: En el informe de actividades cumplidas se recogen las horas dedicadas a estas actividades. Como variable alternativa se pudiese usar la proporción de profesores en becas, sabáticos y demás actividades de mejoramiento que impliquen la ausencia del profesor en las aulas de clases. En el baremo de la Escuela de Eléctrica, se toma en cuenta el número de profesores que pueden tener este estado y se anexan al déficit de profesores disponibles (para la docencia).

### Rangos, conjuntos y funciones de pertenencia

Cada conjunto difuso constaría de 2 o 3 funciones de pertenencia, dependiendo de qué tan específica se quiere la clasificación, reduciendo la complejidad al manejar el número de reglas resultantes. Por ejemplo: para el indicador de Docencia, se podrían definir 2 funciones de pertenencia: Bajo, Alto, o 3 funciones de pertenencia: Bajo, Normal, Alto. Para el conjunto de salida (que indique la Prioridad o nivel de Necesidad del departamento), se construirían funciones similares: Baja, Alta o Baja, Normal, Alta.

### Asignación de cargos

Suponiendo que las salidas del sistema difuso (prioridad) para cada departamento son:  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ , donde  $n$  es el número de departamentos en estudio, la cantidad de cargos a asignar se puede determinar como:

- Opción 1: Asignar un cargo al departamento con mayor prioridad. Repetir el ciclo de cálculos con valores actualizados hasta que se acaben los cargos.
- Opción 2: Calcular la proporción de cargos  $B$  correspondiente a cada departamento. Para el departamento  $x$  se tiene:

$$B_x = \frac{P_x}{\sum_{x=1}^n P_x} \quad (4.1)$$

Si  $C$  es el número de cargos disponibles para la asignación, entonces los cargos a asignar al departamento  $x$  se denota por  $A_x$ :

$$A_x = B_x * C \quad \forall x \in [1 \dots n] \quad (4.2)$$

Teniendo en cuenta las consideraciones realizadas en las distintas estructuras mostradas, se procede a realizar algunas pruebas que permitan delimitar el modelo final. Las mismas se muestran en la

sección siguiente.

### 4.1.2 Pruebas preliminares

Se realizaron algunas pruebas en el módulo de Lógica Difusa de Matlab® para observar el comportamiento del sistema. El siguiente ejemplo hace uso de una estructura de variables que puede ser extendida al resto de las estructuras propuestas, y se ejecuta con el fin de avanzar en la elaboración de un modelo preliminar de Lógica Difusa. Los datos utilizados son ficticios.

#### Primera prueba

El proceso se da en las siguientes fases:

Fase 1: Procesamiento preliminar de datos.

Se tienen los porcentajes de Actividades de Investigación de dos Departamentos *A* y *B*.

Se tienen las proporciones de profesores jubilables de cada departamento.

Para el procesamiento preliminar, debe establecerse el peso o importancia para cada área de actividades. En este, caso para simplificar el problema, se tiene sólo un área, por lo que el peso (determinado como  $\alpha$ ) será de 100 %. Dado  $\alpha$  y el Porcentaje de Actividad de Investigación (*PAI*) de cada departamento, se calcula el siguiente indicador, el cual refleja el rendimiento del departamento en dicha actividad:

$$I = \frac{PAI}{\alpha}$$

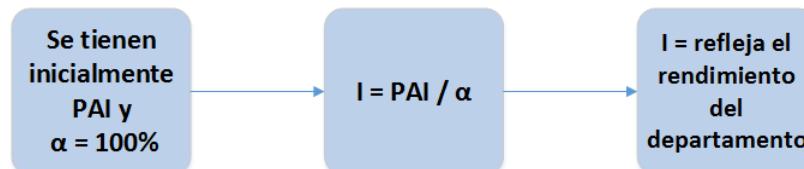


Figura 4.4: Flujo del proceso.

Luego, el indicador *I*, será una de las entradas al Sistema de Inferencia Difuso, junto con la variable Proporción de Profesores Jubilables (*PJ*).

Departamento	PAI	$\alpha$	I	PJ
A	53,9	100 %	0,54	0,273
B	28,4	100 %	0,28	0,286

Tabla 4.7: Datos para los Departamentos A y B.

El sistema de inferencia difuso tendrá como salida el conjunto difuso Prioridad, el cual reflejará el nivel de prioridad para asignación de cargos que tenga el Departamento, como se muestra en

la figura 4.5.

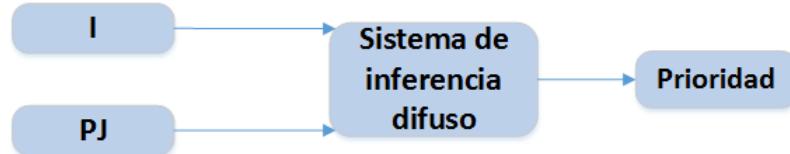


Figura 4.5: Estructura del Sistema de Inferencia Difuso.

El sistema de inferencia difuso contendrá las definiciones de las funciones de membresía para cada entrada, además de las reglas Si-Entonces que definan las relaciones entre las variables.

Fase 2: Se definen las funciones de membresía para cada variable. Utilizando la herramienta para Lógica Difusa de Matlab<sup>®</sup>, se construyen las funciones tal como se muestra en las figuras 4.6, 4.7 y 4.8:

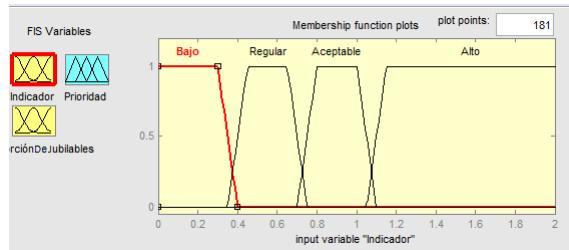


Figura 4.6: Funciones de Membresía para la variable *I* Indicador.

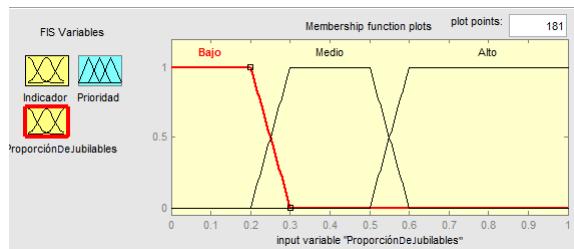


Figura 4.7: Funciones de Membresía para la variable *PJ* (Proporción de profesores jubilables).

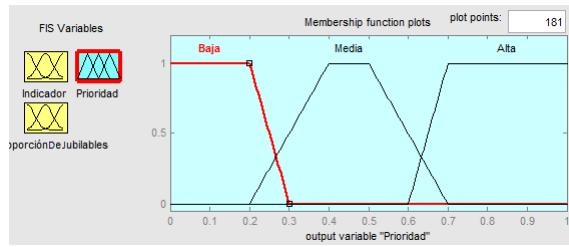


Figura 4.8: Funciones de membresía para la salida Prioridad.

El sistema de inferencia de tipo Mamdani, consta entonces de dos variables de entrada y una variable de salida (ver figura 4.9).

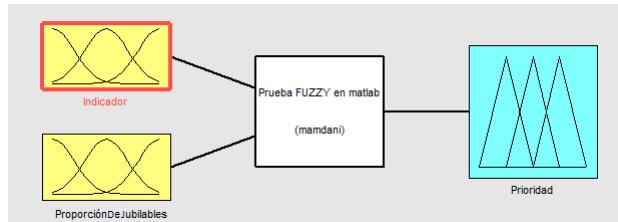


Figura 4.9: Sistema de inferencia difuso tipo Mamdani.

Las reglas Si-Entonces se establecen con ayuda de la herramienta (ver figura 4.10). Considerando que la variable  $I$  puede pertenecer a 4 conjuntos distintos, la variable  $PJ$  puede pertenecer a 3, la salida Prioridad puede resultar en 3 conjuntos diferentes, y asumiendo reglas con el operador  $AND$ , se construyeron 12 reglas distintas para evaluar.

Si I es Bajo y PJ es Bajo entonces Prioridad es Baja  
 Si I es Bajo y PJ es Medio entonces Prioridad es Baja  
 Si I es Bajo y PJ es Alto entonces Prioridad es Media  
 Si I es Regular y PJ es Bajo entonces Prioridad es Baja  
 Si I es Regular y PJ es Medio entonces Prioridad es Media  
 Si I es Regular y PJ es Alto entonces Prioridad es Media  
 Si I es Aceptable y PJ es Bajo entonces Prioridad es Baja  
 Si I es Aceptable y PJ es Medio entonces Prioridad es Media  
 Si I es Aceptable y PJ es Alto entonces Prioridad es Alta  
 Si I es Alto y PJ es Bajo entonces Prioridad es Media  
 Si I es Alto y PJ es Medio entonces Prioridad es Alta  
 Si I es Alto y PJ es Alto entonces Prioridad es Alta

```

1. If (Indicador is Bajo) and (Proporción_de_Jubilables is Bajo) then (Prioridad is Baja) (1)
2. If (Indicador is Bajo) and (Proporción_de_Jubilables is Medio) then (Prioridad is Baja) (1)
3. If (Indicador is Bajo) and (Proporción_de_Jubilables is Alto) then (Prioridad is Media) (1)
4. If (Indicador is Regular) and (Proporción_de_Jubilables is Bajo) then (Prioridad is Baja) (1)
5. If (Indicador is Regular) and (Proporción_de_Jubilables is Medio) then (Prioridad is Media) (1)
6. If (Indicador is Regular) and (Proporción_de_Jubilables is Alto) then (Prioridad is Alta) (1)
7. If (Indicador is Aceptable) and (Proporción_de_Jubilables is Bajo) then (Prioridad is Baja) (1)
8. If (Indicador is Aceptable) and (Proporción_de_Jubilables is Medio) then (Prioridad is Media) (1)
9. If (Indicador is Aceptable) and (Proporción_de_Jubilables is Alto) then (Prioridad is Alta) (1)
10. If (Indicador is Alto) and (Proporción_de_Jubilables is Bajo) then (Prioridad is Media) (1)
11. If (Indicador is Alto) and (Proporción_de_Jubilables is Medio) then (Prioridad is Alta) (1)
12. If (Indicador is Alto) and (Proporción_de_Jubilables is Alto) then (Prioridad is Alta) (1)
  
```

Figura 4.10: Conjunto de reglas en Matlab®.

Fase 3: Introduciendo variables de entrada para dos Departamentos  $A$  y  $B$ , y utilizando los datos recogidos en la Fase 1, se obtienen los resultados mostrados en las figuras 4.11 y 4.12.

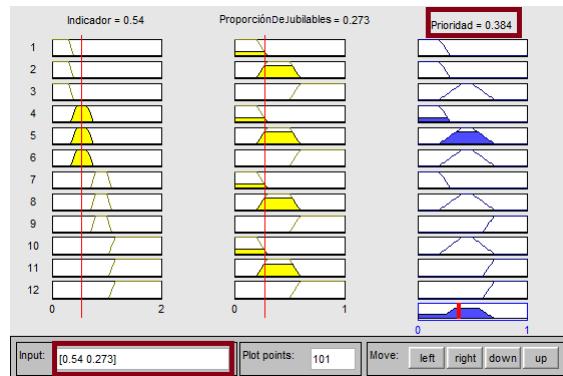


Figura 4.11: Resultados para el Departamento A.

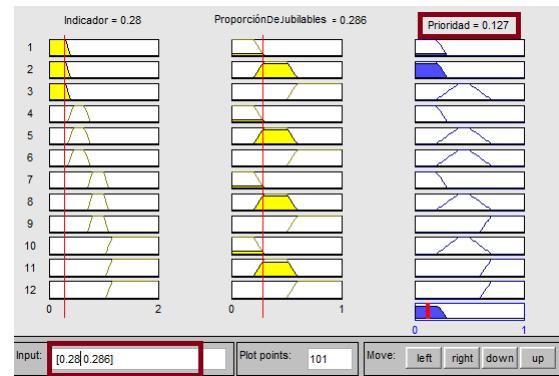


Figura 4.12: Resultados para el Departamento B.

Como se observa en las imágenes, el departamento con mayor Prioridad al momento de asignar nuevos cargos es el Departamento A.

Departamento	Salida (Conjunto)	Salida (Valor)
A	Media	0,384
B	Baja	0,127

Tabla 4.8: Resultados y comparación de los Departamentos A y B.

### Segunda prueba

Otra prueba ejecutada con un enfoque similar en Matlab® incluye variables para las áreas de docencia, investigación y extensión, de tres departamentos. Los datos utilizados no pertenecen a ningún departamento real de la facultad. Los datos de entrada y la salida del sistema se especifican en la tabla 4.9.

Dpto	D	I	E	Prioridad
A	0,2	0,3	0,4	0,2508
B	0,3	0,5	0,1	0,2732
C	0,2	0,4	0,3	0,2508

Tabla 4.9: Datos de entrada. Segunda prueba.

Regla de ejemplo:

*Si Indicador de Docencia es Alto e Indicador de Investigación es Alto e Indicador de Extensión es Alto entonces Prioridad es Alta.*

Luego de obtenidas las prioridades para cada departamento, la repartición de cargos puede hacerse con enfoques distintos:

- Opción 1: Asignar cargo al departamento con mayor prioridad y repetir el proceso según el número de cargos disponibles.

Se genera la lista de departamentos ordenados por prioridad, en orden descendente. Se asigna entonces un cargo al departamento de mayor prioridad y seguidamente se repite el procesamiento de datos tal como en la figura 4.2, es decir, actualizando los datos para el departamento al que se le asignó el cargo, y reiniciando el ciclo de asignación según los cargos disponibles.

Salida:

PA 0,2508

**PB 0,2732**

PC 0,2508

- Opción 2: Calcular las proporciones de cargos correspondientes a cada departamento, tal como en la ecuación (4.1) especificada anteriormente en la asignación de cargos.

Y siendo  $C$  el número de cargos disponibles para la asignación, y  $n$  el número de departamentos, se asignan los cargos para cada uno como en la ecuación 4.2 establecida anteriormente.

Si el número de cargos es: 6, y se tienen 3 departamento  $a, b, c$ , entonces se calculan las proporciones de cargos  $B$  correspondientes a cada uno:

$$B_a = \frac{0.2508}{0.77428} = 0.32 \quad B_b = \frac{0.2732}{0.77428} = 0.35 \quad B_c = \frac{0.2508}{0.77428} = 0.32$$

Finalmente, los cargos a asignar ( $A$ ) a cada departamento serían:

$$A_a = 1,92 \text{ cargos}$$

$$A_b = 2,1 \text{ cargos}$$

$$A_c = 1,92 \text{ cargos}$$

## 4.2 Construcción del modelo

En base a las investigaciones y pruebas realizadas, comparando las distintas opciones sobre agrupación de variables, modos de asignación de cargos, datos necesarios e influyentes en el rendimiento de los departamentos, se determinan aspectos relevantes que ayuden a elaborar la estructura final que recoja en mejor medida la necesidad de cargos de un departamento. Con esto en mente, se sigue el camino para determinar qué valores usar, de qué manera usarlos, qué enfoque tomar, cómo manejar valores implícitos, etc. En esta sección se especifican los puntos escogidos según la evaluación y pruebas y se desarrolla la estructura final para las variables y el sistema difuso.

### 4.2.1 Definición del sistema de inferencia

Luego de las pruebas realizadas, con base en los datos de los informes de actividades cumplidas, se reconstruye una nueva estructura considerando los análisis, resultado de las observaciones de las planillas y los baremos estudiados, y finalmente combinando los puntos que se destacan con mayor relevancia para la asignación de cargos. Para definir la estructura del modelo, en primer lugar se especifican los datos necesarios para el proceso, recordando que se utilizará un sistema de inferencia difusa para obtener el resultado que apoye la toma de decisiones.

#### Datos de entrada

Los datos requeridos para el cálculo de las distintas variables que son de relevancia como entrada al sistema difuso se especifican a continuación. Estos datos deben ser facilitados por el departamento o la escuela en conjunto.

- Datos de profesores (por departamento o escuela): nombres y apellidos, cédula, fecha de ingreso (fecha en la que el profesor inició el ejercicio de actividades en la universidad), escalafón (Titular, Asociado, Agregado, Asistente, Instructor), condición (Ordinario, Contratado, Jubilado activo, Interino, Visitante, Colaborador), dedicación, horas asignadas para las actividades del profesor según su Dedicación, estado (beca, sabático, permiso remunerado o no remunerado, jubilado activo, autorizado, plan de formación, activo, suspendido), carga administrativa (Cadm), escuela, departamento, área de conocimiento.
- Datos de materias (por departamento o escuela): código, nombre, escuela, departamento, área de conocimiento, horas de clases teóricas (HCT), horas de laboratorio o taller (HL), horas de práctica (HP), horas de campo (Hcamp), horas de seminario (Hsem), horas de régimen especial (HRE), límite de alumnos por sección.
- Datos sobre actividades cumplidas (por departamento, de los resúmenes de actividades cumplidas): departamento, AÑO, PAD, POAD, PAI, PAEX, PAM, PAA.
- De los inscritos (por materias del departamento): Código de materia, nombre de materia, número de inscritos, sección, profesor.

Los siguientes son constantes que serán utilizadas en el procesamiento de datos como se muestra en la sección 4.2.2.

- Factores de dedicación y factores de ponderación de horas.

Dedicación	Ponderación de horas
de = 1	FPHCT = 3
tc = 1	FPHL = 2
mt = 1/2	FPHP = 2
tconv = 1/3	FPHcamp = 2
jubact = 2/5	FPHsem = 2
	FPHRE = 1

FPHT = Factor de ponderación de horas teóricas.

FPHP = Factor de ponderación de horas prácticas.

FPHL = Factor de ponderación de horas de laboratorio.

FPHcamp = Factor de ponderación de horas de trabajo de campo.

FPHsem = Factor de ponderación de horas de seminario.

FPHRE = Factor de ponderación de horas de régimen especial.

El factor de ponderación *HCT*, para horas teóricas, se muestra aquí como el promedio aritmético de los factores para horas teóricas de la tabla (3.2). Alternativamente pueden usarse estos factores especificándolos para cada materia según los factores de mayor frecuencia, o según el conocimiento de experiencias anteriores. Para esto se manejaría una tabla alternativa con la información deseada, la cual sería usada posteriormente en el procesamiento de las variables. Según la tabla de ponderación de horas del Reglamento de Evaluación de Actividades de la Facultad de Ingeniería, los *FPH* dependerán de la modalidad de evaluación del profesor en la materia y del número de estudiantes que se hayan inscrito. Esto fue establecido para usarse en las planillas de informes de actividades de la facultad que debe presentar cada profesor de TC o DE.

- Datos constantes requeridos: Secciones por profesor (*Ssp*), porcentaje de actividades de investigación (*ReqI*), porcentaje de actividades de extensión. (*ReqE*), porcentaje de otras actividades de docencia (*ReqOA*), horas ponderadas de materia optativa, cargos u horas disponibles para la asignación.

#### 4.2.2 Estructura del sistema difuso

Una vez definidos los datos necesarios para la construcción del modelo y por medio de los análisis, pruebas y observaciones realizadas anteriormente, se establecen las variables que se usarán como entrada al sistema de inferencia. Éstos cálculos se basan en los baremos de la Escuela de Eléctrica y

de la Facultad de Arquitectura mencionados anteriormente.

### Cálculo de variables

En la siguiente sección se muestra el procesamiento de los datos para la construcción de variables intermedias y finales, de interés para el sistema difuso. Para cada materia del departamento, se tiene:

- $HPT_i$ : Horas ponderadas totales semanales para cada materia.

$$\begin{aligned} HPT_i = & HCT_i * FPHT + HP_i * FPHP + HL_i * FPHL \\ & + Hcamp_i * FPHcamp + Hsem_i * FPHsem + HRE_i * FPHRE \end{aligned} \quad (4.3)$$

- $Pdem_i$ : Se define como el número de profesores requeridos para la materia  $i$ .

$$Pdem_i = \frac{Sdem_i}{Spos_i} \quad (4.4)$$

$Sdem_i$ : Es el número de secciones que deben ofertarse de la materia  $i$ , según la demanda de estudiantes.

$Spos_i$ : Es el número de secciones de la materia  $i$  que pueden ser atendidas por profesores TC o DE (con un límite de horas para clases de 30 horas semanales).

Para calcular  $Pdem_i$ , se debe conocer primero el valor de cada una de estas variables intermedias.

$Sdem_i$  viene dado por:

$$Sdem_i = \left\lceil \frac{Nalum_i}{Lalum_i} \right\rceil \in \mathbb{N} \quad (4.5)$$

$Nalum_i$ : Es el número de alumnos que deben inscribir la asignatura  $i$ , según los inscritos en OREFI, o según datos de inscripción del departamento.

$Lalum_i$ : Es el número de alumnos sugeridos por sección para la materia  $i$ .

De la misma forma,  $Spos_i$  es un valor entero determinado por:

$$Spos_i = \left\lfloor \frac{HC}{HPT_i} \right\rfloor \in \mathbb{N} \quad (4.6)$$

Donde  $HC$  es una constante que representa las horas de clase disponibles de un profesor TC o DE (30 horas máximas para clases).

- $Pdem_a$ : Se define como el número de profesores requeridos para el área  $a$ . Se calcula según la ecuación (4.7):

$$Pdem_a = \sum_{i=1}^n (Pdem_i) \quad \forall i \in a \quad (4.7)$$

Donde  $n$  es el número de materias pertenecientes al área de conocimiento  $a$ .

- $Pdisp_a$ : Profesores disponibles de un departamento pertenecientes al área de conocimiento  $a$ .

$$Pdisp_a = \sum_{j=1}^m (fd_j) \quad (4.8)$$

Donde  $m$  es el número de profesores del área de conocimiento correspondiente  $a$ , y  $fd$  es el factor de dedicación del profesor.

- $Pdisp_d$ : Profesores disponibles adscritos al departamento  $d$ .

$$Pdisp_d = \sum_{k=1}^r (fd_k) \quad (4.9)$$

Donde  $r$  es el número de profesores pertenecientes al departamento  $d$ .

- $Preq_a$ : Profesores requeridos por área. Se refiere a la cantidad de profesores que hacen falta para cubrir totalmente la carga de secciones de materias pertenecientes al área  $a$ . Si un área de conocimiento cuenta con un total de 10 profesores, y en esa misma área se requieren 12 profesores (denotado por  $Pdem_a$ ), entonces los profesores requeridos son 2. Se calcula como en la ecuación (4.10):

$$Preq_a = Pdisp_a - Pdem_a \quad (4.10)$$

Si  $Preq_a$  es negativo, entonces el área de conocimiento  $a$  requiere de profesores para cubrir la demanda. Si  $Preq_a$  tiene un valor positivo, los requerimientos de profesores del área  $a$  se consideran cubiertos. Un área cuya  $Ptotal_a$  sea 10 y  $Pdem_a$  sea 9, puede cubrir la demanda de profesores ( $Preq_a = 1$ ). En el código que procesa estas variables, se reemplazan con 0 los valores de  $Preq_a$  que sean positivos, lo cual significa que no hay profesores requeridos, de esta forma  $Preq_a$  será siempre menor o igual que cero ( $\leq 0$ ).

- $Pmeja$ : Profesores en mejoramiento por área de conocimiento. Se refiere al total de profesores que está en estado de mejoramiento, lo cual incluye actividades como becas, sabáticos, permisos, etc. En los datos de entrada se diferencian de los profesores que tienen estado “activo”. Se calcula según la ecuación (4.11):

$$Pmeja = \sum_{j=1}^m (fd_j) \quad \forall j \quad | \quad \text{estado} \neq \text{“activo”} \quad (4.11)$$

Donde  $m$  es el número de profesores del área de conocimiento  $a$ .

- $P_{mjej_d}$ : Profesores en mejoramiento por departamento. De forma similar a la anterior, se contabilizan los profesores en estado de mejoramiento para cada departamento según la ecuación (4.12).

$$P_{mjej_d} = \sum_{k=1}^r (fd_k) \quad \forall k \in d \quad (4.12)$$

Donde  $r$  es el número de profesores pertenecientes al departamento  $d$ .

- $Padm_d$ : Se refiere a la carga administrativa del departamento  $d$  expresada en número de profesores. Se toman en cuenta los cargos con más de 10 horas administrativas.

$$Padm_d = \sum_{i=1}^n \frac{Cadm_i}{HC} \quad \forall i : 1 \text{ hasta } n \quad | \quad \text{carga administrativa} \geq 10 \quad (4.13)$$

- $Hsob_i$ : Es el número de horas sobrantes de la carga académica. Si un profesor perteneciente al área  $a$ , es asignado a 2 secciones ( $Spos_i$ ), de la materia  $i$ , con carga de 12 horas ( $Hpond_i$ ), entonces las horas sobrantes son 6, suponiendo que la constante  $HC = 30$ . Así se muestra en la ecuación (4.14). Se denotan como “horas sobrantes” debido a que no son suficientes para cubrir una nueva sección completa con carga de 12 horas, en este caso.

$$Hsob_i = HC - Hpond_i * Spos_i \quad \forall i : i\text{-ésima materia} \quad (4.14)$$

- $Opos_i$ : Electivas posibles según horas sobrantes de la carga académica. Esta son las materias que pueden ofertarse según las horas sobrantes calculadas anteriormente por cada materia (ver ecuación 4.14), y las horas ponderadas de la materia electiva ( $Hop$ ). Se utiliza un valor constante promedio general para el valor  $Hop$ , tal como se muestra en la ecuación (4.15).

$$Oppos_i = \frac{Hsob_i}{Hop} \quad (4.15)$$

- $Op_a$ : Electivas posibles por área. Es la sumatoria de las electivas que pueden ofrecerse según las materias pertenecientes al área de conocimiento  $a$ .

$$Op_a = \sum_{i=1}^n Oppos_i \quad \forall i \in a \quad (4.16)$$

Donde  $n$  es el número de materias pertenecientes al área  $a$ .

- $Op_d$ : Electivas posibles por departamento. Es la sumatoria de las electivas que pueden ofrecerse según las áreas de conocimiento pertenecientes al departamento  $d$ .

$$Op_d = \sum_x^p Op_x \quad \forall x : a, b, c, \dots, p \quad | \quad x \in d \quad (4.17)$$

- $Psob_a$ : Es el número de profesores disponibles según horas sobrantes de la carga académica, por área. Este valor representa la cantidad de profesores en base a las horas sobrantes de la carga académica, tal como se expone en la ecuación (4.14). Es decir, a un profesor se le asignan una o mas secciones de una materia del área  $a$  de acuerdo a su carga horaria, según su dedicación, es posible que sobren algunas horas por utilizar. Por ejemplo, si una materia obligatoria tiene 2 secciones de 12 horas ponderadas, y las horas máximas de clases de un profesor son 30 ( $HC$ ), entonces las horas sobrantes son 6. Si  $Hop$  es menor o igual que 6, entonces se considera que hay horas disponibles para dictarla. Estas horas restantes se contabilizan para el área  $a$ . La ecuación (4.18) simplifica el cálculo. De esta manera se procede con cada materia del área  $a$  y según ellas se representa la fracción de profesores disponibles según las horas sobrantes, que pueden impartir materias electivas, según  $Hop$ .

$$Psob_a = \frac{(Pdisp_a * Hop)}{HC} \quad (4.18)$$

- $Psob_d$ : Es el número de profesores disponibles según horas sobrantes de la carga académica, por departamento.

$$Psob_d = \sum_x^p Psob_x \quad \forall x : \{a, b, c, \dots, p\} \quad | \quad x \in d \quad (4.19)$$

- $PAI$  y  $PAEX$  y  $POAD$  son los valores tomados de las planillas resúmenes de informes de actividades del departamento (Porcentajes).
- $Pjub_d$ : Profesores jubilables del departamento  $d$ . Son los profesores que cumplen con el tiempo necesario para iniciar el proceso de jubilación. Se toma en cuenta su fecha de ingreso, con un límite de 25 años para jubilación, tal como muestra la ecuación (4.20).

$$Pjub_d = \sum_{k=1}^r (fd_k) \quad \forall k \quad | \quad fecha\_actual - (fecha\_ingreso)_k \geq 25 \quad (4.20)$$

Donde  $r$  es el número de profesores pertenecientes al departamento  $d$ .

### Indicadores y conjuntos difusos

En este apartado se desarrolla el enfoque para el modelo difuso, utilizando las variables procesadas anteriormente. Se inicia construyendo los siguientes Indicadores:

- I1: Concerniente al rendimiento en actividades de Investigación del departamento.
- I2: Concerniente al rendimiento en actividades de Extensión del departamento.
- I3: Concerniente al rendimiento en Otras actividades de docencia del departamento.
- I4: Concerniente a la proporción de profesores jubilables del departamento.
- R: Concerniente al déficit de profesores del departamento.

I1: Actividades de Investigación.

Para este indicador se toma el porcentaje de rendimiento  $PAI$  de los resúmenes de informes de actividades cumplidas del departamento. El indicador se construye como sigue (4.21):

$$I1 = \frac{PAI}{ReqI} \quad (4.21)$$

donde  $ReqI$  es un valor fijado en consenso como el valor deseado del porcentaje de actividades de investigación.

Las funciones de pertenencia para este indicador, mostradas en la figura 4.13, se dividen como:

1. Muy Bajo: El rendimiento del departamento en las áreas es muy bajo. No se considera prioritario para la asignación de cargos.
2. Bajo: El rendimiento del departamento en las áreas es bajo. La prioridad es escasa para la asignación de cargos.
3. Moderado: El rendimiento aún se mantiene por debajo de lo deseado. Se considera medianamente la asignación de cargos.
4. Alto: El rendimiento cubre los valores deseados.
5. Muy alto: El rendimiento excede los valores propuestos, lo que se considera como desequilibrio del departamento respecto a los requerimientos. No se considera prioritario asignar cargos.

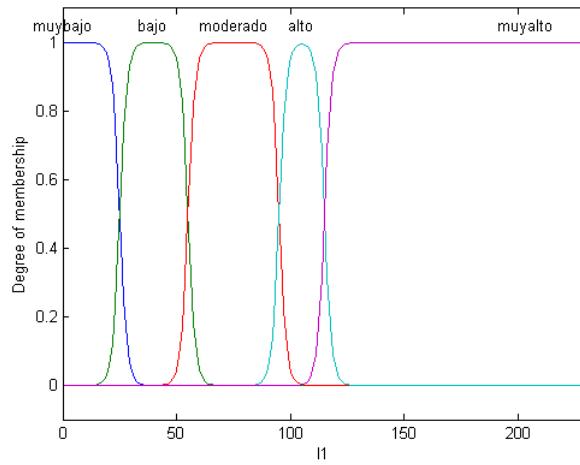


Figura 4.13: Funciones de pertenencia para I1.

## I2: Actividades de Extensión.

Se construye análogamente al indicador I1 con el uso de la variable *PAEX* del informe de actividades, y *ReqEx* como requerimiento para el área (4.22). Las funciones de pertenencia son equivalentes.

$$I2 = \frac{PAEX}{ReqEx} \quad (4.22)$$

## I3: Otras actividades de docencia.

De manera similar a I1 e I2, utilizando *POAD* de los informes de actividades y *ReqOA* como requerimiento de entrada se construye I3 (4.23). Las funciones de pertenencia son equivalentes a las dos anteriores:

$$I3 = \frac{POAD}{ReqOA} \quad (4.23)$$

## I4: Proporción de profesores jubilables.

Este indicador se construye con base en la variable *Pjub* y el total de profesores del departamento, de la siguiente manera (4.24):

$$I4 = \frac{Pjub_d}{Ptotal_d} \quad (4.24)$$

Las funciones de pertenencia para este conjunto son:

1. Bajo: Se considera una proporción tolerable de profesores jubilables del departamento que no afecta en gran medida las necesidades.
2. Moderado: La proporción requiere de atención por encontrarse en un nivel que puede afectar la disponibilidad de profesores en los períodos próximos.

3. Alto: Se considera de alta prioridad la asignación de profesores para cubrir el aumento de la demanda próxima.

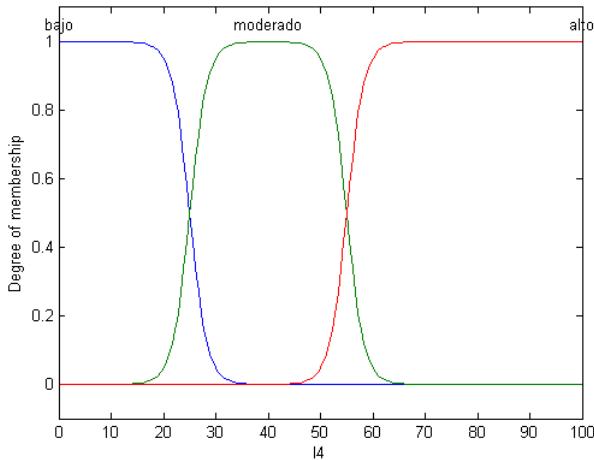


Figura 4.14: Funciones de pertenencia para I4.

R: La cantidad de profesores requeridos en el departamento estaría determinado por (4.25):

$$R = Preq_d - Pmejd - Padm_d + Psob_d \quad (4.25)$$

Siendo el valor de  $Preq_d$  siempre menor o igual a cero, se adicionan al déficit los profesores que están en mejoramiento, y los profesores no disponibles debido a las cargas administrativas. Además, se suman los profesores que sí estan disponibles segúin las horas sobrantes en la carga académica ( $Psob_d$ ), de ésta manera se obtiene el valor total para el déficit de profesores  $R$  que presenta el departamento  $d$ .  $R$  será un valor menor o igual que cero ( $\leq 0$ ).

Los primeros 4 indicadores serán procesados bajo el sistema difuso a través de un conjunto de reglas, para obtener como resultado la prioridad de cada departamento en la asignación de cargos. Este conjunto de salida cuenta con 6 funciones de pertenencia (ver figura 4.15):

1. Mínimo: No tiene prioridad alguna.
2. Muy baja: Prioridad es de muy poca relevancia para optar a cargos nuevos.
3. Baja: Poca urgencia para la asignación de cargos.
4. Media: Prioridad media, con oportunidad a asignaciones en última instancia.
5. Alta: Prioridad relevante para la asignación de nuevos cargos en primera instancia.
6. Muy Alta: Prioridad suficiente para la asignación de cargos urgente en primera instancia.

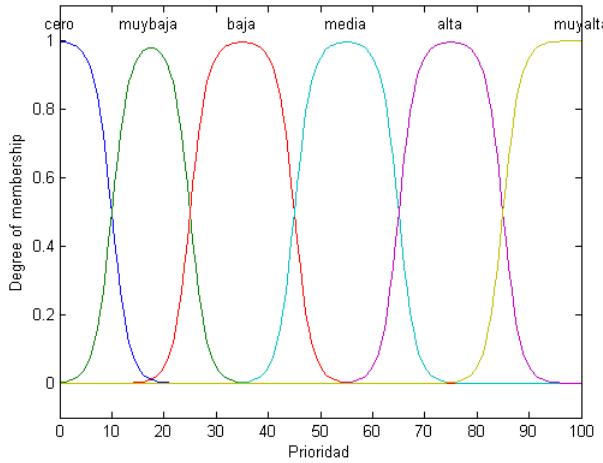


Figura 4.15: Funciones de pertenencia para Prioridad.

### Reglas del sistema difuso

La cantidad de reglas totales, según el número de conjuntos y funciones de pertenencia, son 375. Para definir la salida de cada regla, se procedió a evaluarlas cuidadosamente considerando analogías y equivalencias en reglas similares. El conjunto de reglas se muestran en los apéndices D.1, D.2, D.3, D.4.

En la fase final de asignación, los cargos se asignan según el valor defusificado de la salida obtenida. El conjunto salida da como resultado un valor entre 0 y 100, el cual será tomado como el porcentaje de cargos que deben ser asignados al departamento. Se genera una lista ordenada de los departamentos según su prioridad.

Una vez obtenida la prioridad para cada departamento, se aplica este porcentaje al número de cargos requeridos. De esta forma se obtiene la cantidad de cargos que deberían asignarse, ajustada al rendimiento que tiene el departamento en las actividades. El número de cargos requeridos refleja el déficit de profesores que demuestra tener el departamento según demanda y oferta de profesores. Los cálculos correspondientes fueron especificados anteriormente. Esta lista de información estará ordenada según la prioridad obtenida.

Finalmente, en el momento de la asignación de cargos, se debe tener conocimiento de cuántos cargos están disponibles para la repartición. Teniendo la lista ordenada de prioridades y cargos que deberían asignarse, se realiza la asignación según los cargos disponibles hasta agotarse.

En este caso existe la posibilidad de que los cargos no sean suficientes para cubrir la necesidad de todos los departamentos involucrados según el orden de la lista. El orden de la lista justifica la prioridad de cada departamento, en este sentido los que están en posición menos privilegiada pueden no percibir asignación alguna según la disponibilidad. El escenario ideal sería aquel en el que los cargos disponibles son suficientes para cubrir las asignaciones sugeridas por el sistema, pero el hecho de la

escasez de cargos precisamente es la base para el ordenamiento por prioridades de la lista resultado según el rendimiento.

En la tabla 4.10 se muestra un ejemplo de asignación, con la lista ordenada según las prioridades, suponiendo que se tienen 5 cargos disponibles para la asignación. Nótese que en este caso se pudo cubrir la demanda del departamento con menos prioridad sólo parcialmente.

Departamento	Prioridad	R	Cargos a asignar	Cargos asignados
A	60	5	3	3
B	45	3	1,35	1,35
C	30	4	1,2	0,65

Tabla 4.10: Asignación de cargos.

\*Se recuerda que se interpreta la cantidad asignada en base a cargos de *DE* (ver tabla 3.1); es decir, de 40 horas:

- 1 cargo DE: 1
- 1 cargo TC: 0,87
- 1 cargo MT: 0,45
- 1 cargo Tconv: < 0,3

Con esta nueva estructura se espera abarcar la información de influencia en la necesidad de los departamentos, ya que toma en cuenta un amplio número de factores referidos a la situación estudiantil y docente, administrativa, de investigación y extensión simultáneamente. En la figura 4.16, se ilustra el proceso y las variables involucradas.

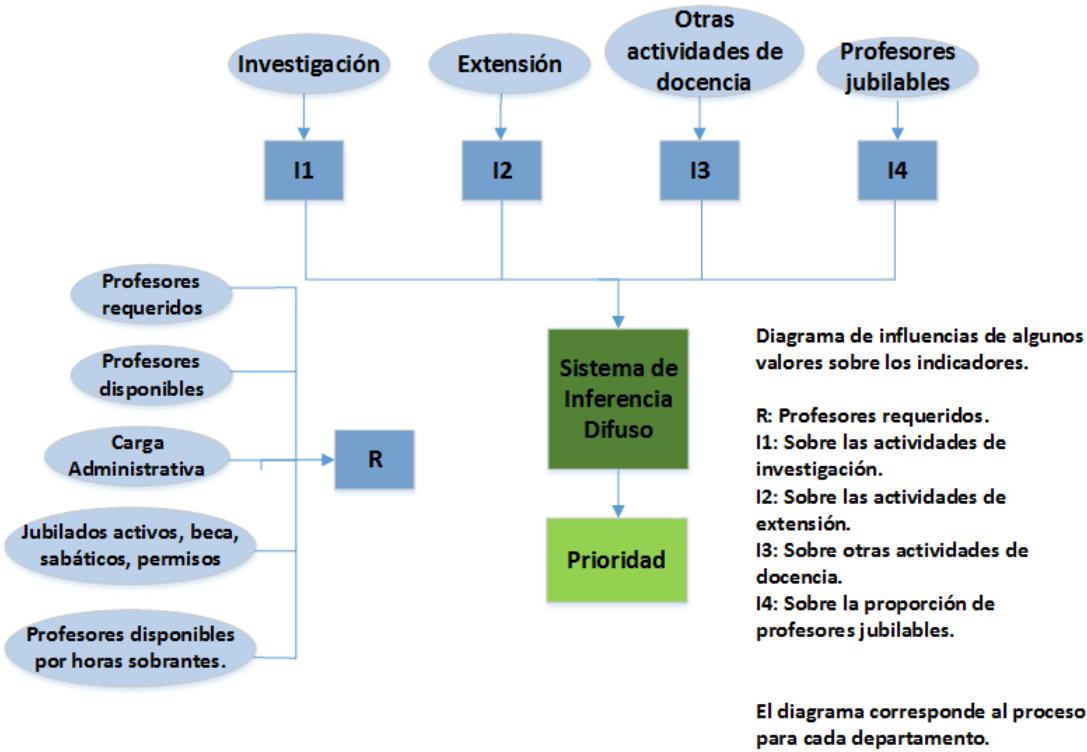


Figura 4.16: Estructura definitiva para el sistema difuso.

En las figuras 4.17, 4.18, 4.19, se muestran con mayor detalle los datos que son de influencia para cada variable calculada.

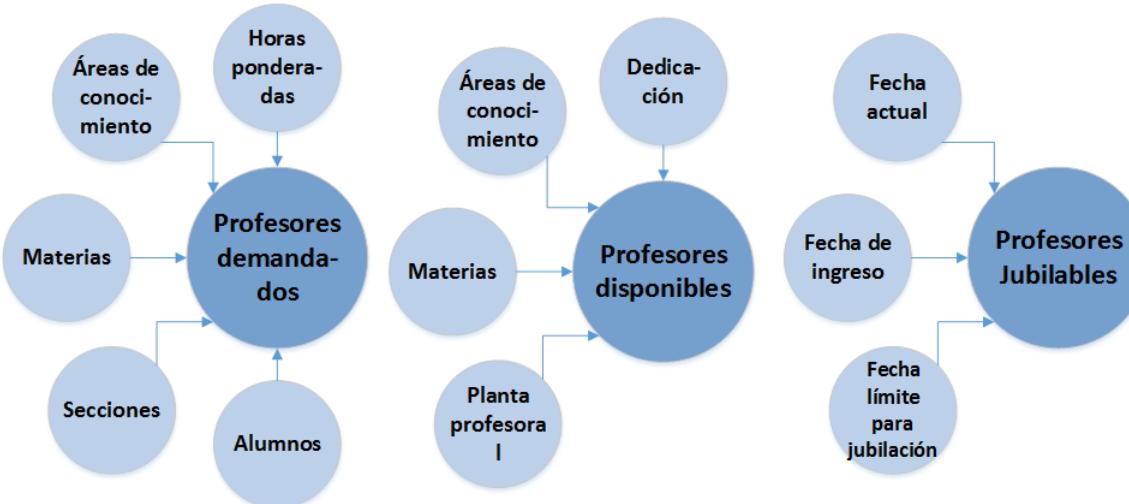


Figura 4.17: Diagrama de influencias. Profesores demandados, disponibles y jubilables.

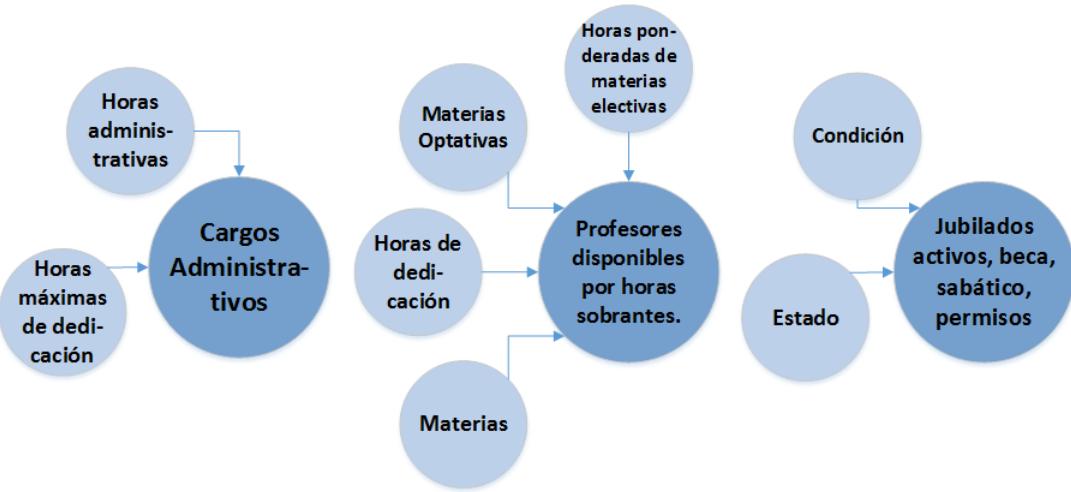


Figura 4.18: Diagrama de influencias. Cargos administrativos, horas sobrantes, mejoramiento.



Figura 4.19: Diagrama de influencias. Investigación, extensión, otras actividades de docencia.

# Capítulo 5

## Aplicación del modelo

Una vez definida la estructura del modelo y las variables involucradas, se procede a la elaboración de los algoritmos correspondientes para procesar la información de los departamentos y el sistema de inferencia difusa.

Para el manejo de los datos de entrada se creó un script en el lenguaje *R*<sup>1</sup>, el cual está dirigido al manejo de grandes conjuntos de datos, análisis estadístico y visualización gráfica. Se eligió este lenguaje basado en su flexibilidad para extraer información de una gran variedad de archivos de datos y las capacidades estadísticas que ofrece. En este proyecto se usó la interfaz gráfica en su versión 3.1.0.

### 5.1 Implementación en R

El script elaborado recibe información de entrada de los departamentos sobre su rendimiento de actividades, sobre las materias que ofrece, sobre los inscritos y sobre los profesores adscritos. Esta información debe estar recopilada en cuatro archivos con formato “.csv”.

ACTIVIDADES.CSV: Contiene la información sobre el rendimiento de actividades de los departamentos.

Está formado por diez campos que se observan en la tabla 5.1.

PROFESORES.CSV: Contiene la información sobre los profesores adscritos a cada departamento. Está formado por los campos mostrados en la tabla 5.2.

MATERIAS.CSV: Contiene la información sobre las materias ofrecidas por los departamentos. La tabla 5.3 muestra los valores que debe contener.

INSCRITOS.CSV: Contiene la información sobre la situación estudiantil de los departamentos. La tabla 5.4 describe la estructura del archivo.

---

<sup>1</sup>Copyright (C) 2014 The R Foundation for Statistical Computing

Campo	Descripción	Formato
dpto	Nombre del departamento	Texto sin abreviaciones
año	Año del informe de actividades	Número entero
PDAD	Porcentaje de actividades de docencia	Porcentaje expresado en número (55,6 % se almacena como 55,6)
PDOAD	Porcentaje de otras actividades de docencia	Porcentaje expresado en número
PDAI	Porcentaje de actividades de investigación	Porcentaje expresado en número
PDAM	Porcentaje de actividades de mejoramiento	Porcentaje expresado en número
PDAA	Porcentaje de actividades de administración	Porcentaje expresado en número
PDAEX	Porcentaje de actividades de extensión	Porcentaje expresado en número
HSC	Horas semanales de clases totales	Número real
PR	Porcentaje de rendimiento	Porcentaje expresado en número

Tabla 5.1: Formato del archivo ACTIVIDADES.CSV

Campo	Descripción	Formato
nombre	Nombres y apellidos del profesor	Texto
ced	Cédula del profesor	V12345678
fechain	Año de ingreso del profesor a la unidad académica	Número entero
escalafón	Escalafón del profesor	Texto sin abreviaciones. Valores: Instructor, Asistente, Agregado, Asociado, Titular
condición	Condición del profesor	Texto sin abreviaciones. Valores: Ordinario, Contratado, Jubilado.
dedicación	Dedicatoria del profesor	Texto. Valores: Dedicación Exclusiva (de), Tiempo Completo (tc), Medio Tiempo (mt), Tiempo Convencional (tconv)
horas	Horas del profesor de acuerdo a su dedicación	Número entero
estado	Estado del profesor	Texto. Valores: Activo, Beca, Sabático, Permiso remunerado, Permiso no remunerado, Otros (planes de formación)
cadm	Horas de carga administrativa del profesor	Número entero
escuela	Escuela de adscripción del profesor	Texto sin abreviaciones
dpto	Departamento de adscripción del profesor	Texto sin abreviaciones
área	Área de ingreso del profesor	Texto sin abreviaciones

Tabla 5.2: Formato de archivo PROFESORES.CSV

Campo	Descripción	Formato
codmat	Código de la materia	Texto
nombre	Nombre de la materia	Texto sin abreviaciones
escuela	Nombre de la escuela que ofrece la materia	Texto sin abreviaciones
dpto	Nombre del departamento que ofrece la materia	Texto sin abreviaciones
area	Área de conocimiento al que pertenece la materia	Texto sin abreviaciones
HCT	Horas de clases teóricas semanales de la materia	Número entero
HL	Horas semanales de laboratorio de la materia	Número entero
HP	Horas semanales de prácticas de la materia.	Número entero
Hcamp	Horas semanales de actividades de campo de la materia	Número entero
Hsem	Horas semanales de seminario	Número entero
HRE	Horas semanales de régimen especial	Número entero
limal	Límite sugerido de alumnos para la materia, por sección	Número entero

Tabla 5.3: Formato del archivo MATERIAS.CSV.

Campo	Descripción	Formato
codmat	Código de la materia	Número entero
nombre	Nombre de la materia	Texto sin abreviaciones
inscritos	Número de alumnos inscritos en la sección	Número entero
seccion	Número de la sección	Texto
profesor	Profesor que imparte la materia en la sección	Texto

Tabla 5.4: Formato del archivo INSCRITOS.CSV.

Además, se deben facilitar valores de requerimientos para el procesamiento de los datos. Algunos son valores constantes que se incluyen dentro del programa, y otros son facilitados al momento del procesamiento.

Factores de dedicación	
de	1
tc	1
mt	1/2
tconv	1/3
jubact	2/5

Tabla 5.5: Conversión de factores.

Factores de ponderación de horas		
Teóricas	HCT	3
Laboratorio o taller	HL	2
Prácticas	HP	2
Campo	Hcamp	2
Seminario	Hsem	2
Régimen especial	HRE	1

Tabla 5.6: Ponderación de horas.

Parámetro	Descripción
HC	Horas máximas de clases de un profesor DE o TC (generalmente 30)
ReqOA	Porcentaje requerido para otras actividades académicas (en consenso)
ReqI	Porcentaje requerido para actividades de investigación (en consenso)
ReqEx	Porcentaje requerido para actividades de extensión (en consenso)
Hop	Horas ponderadas de una materia electiva (en promedio)

Tabla 5.7: Valores de entrada. Constantes y requerimientos.

Una vez que se procesa la información, se tiene como resultado preliminar un archivo de texto plano, en formato “.txt”, el cual contiene las variables necesarias para el sistema de inferencia difusa. Este archivo tiene la estructura mostrada en la tabla 5.8.

Departamento	I1	I2	I3	I4	R
$D_1$	$I1_1$	$I2_1$	$I3_1$	$I4_1$	$R_1$
$D_2$	$I1_2$	$I2_2$	$I3_2$	$I4_2$	$R_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$D_n$	$I1_n$	$I2_n$	$I3_n$	$I4_n$	$R_n$

Tabla 5.8: Archivo de salida del script en R.

## 5.2 Implementación en Matlab<sup>®</sup>

El sistema de inferencia difusa fue construido con el software de procesamiento matemático Matlab<sup>®</sup>. El software cuenta con una herramienta específica para el desarrollo de sistemas de inferencia difusa

llamada “fuzzy toolbox”. Se tienen dos script alojados en archivos de extensión “.m” los cuales procesan los resultados arrojados por el script en  $R$ , para dar respuesta al modelo de asignación de cargos. Como salida se tiene un archivo “.xls” con la estructura mostrada en la tabla 5.9. Un archivo procesa el sistema con inferencia tipo mamdani y otro con inferencia tipo takagi-sugeno.

Departamento	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Cargos Asignados
$D_2$	$I1_1$	$I2_1$	$I3_1$	$I4_1$	$R_1$	$P_1$	$C_1$	$Ca_1$
$D_1$	$I1_2$	$I2_2$	$I3_2$	$I4_2$	$R_2$	$P_2$	$C_2$	$Ca_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$D_n$	$I1_n$	$I2_n$	$I3_n$	$I4_n$	$R_n$	$P_n$	$C_n$	$Ca_n$

Tabla 5.9: Formato de salida de Matlab<sup>®</sup>.

Se realizaron pruebas sobre el tipo de funciones de pertenencia utilizadas en el sistema. Se compararon funciones de membresía trapezoidales y sigmoidales equivalentes para observar el comportamiento en cada caso. En las tablas 5.11 y 5.10 se muestran los resultados obtenidos. La característica suave de las curvas sigmoidales permite la transición de valores de un conjunto a otro de manera menos brusca, por lo que se escogen para el resto de las ejecuciones del programa.

Dpto	Entrada					Prioridad		Cargos		Asignados	
	I1	I2	I3	I4	R	Sigmoidal	Trapezoidal	Sigmoidal	Trapezoidal	Sigmoidal	Trapezoidal
A	200	40,2	44,2	41,04	9,39	74,96	75,00	7,04	7,04	6	6
B	200	127,4	84,6	27,27	0	70,89	69,54	0,00	0,00	0	0
C	61,4	0	82,65	30,48	7,68	17,50	17,50	1,35	1,34	0	0

Tabla 5.10: Comparación de funciones trapezoidales y sigmoidales. Sugeno.

Se puede observar que las diferencias entre los dos tipos de curvas son mínimas, con lo que se confirma el buen ajuste de las curvas sigmoidales a las equivalentes trapezoidales.

Dpto	Entrada					Prioridad		Cargos		Asignados	
	I1	I2	I3	I4	R	Sigmoidal	Trapezoidal	Sigmoidal	Trapezoidal	Sigmoidal	Trapezoidal
A	200	40,2	44,2	41,04	9,39	74,94	75,00	7,04	7,04	6	6
B	200	127,4	84,6	27,27	0	70,43	69,13	0,00	0,00	0	0
C	61,4	0	82,65	30,48	7,68	17,53	17,50	1,35	1,34	0	0

Tabla 5.11: Comparación de funciones trapezoidales y sigmoidales. Mamdani.

Las funciones de pertenencia de tipo trapezoidales utilizadas en las comparaciones para las variables I1, I2 e I3 se muestran en la figura 5.1. En las figuras 5.2 y 5.3 se muestran las funciones para la variable I4 y la salida del sistema, respectivamente. Las curvas sigmoidales utilizadas se mostraron anteriormente en las figuras 4.13 para  $I1$ ,  $I2$ , e  $I3$ , 4.14 para  $I4$  y 4.15 para la prioridad.

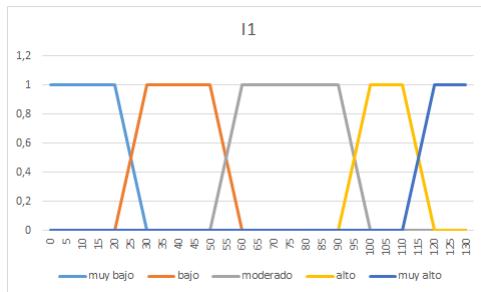


Figura 5.1: Funciones de pertenencia para I1, I2 e I3.

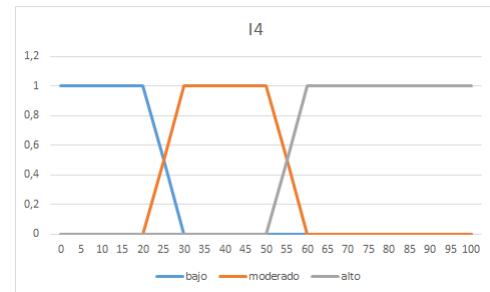


Figura 5.2: Funciones de pertenencia para I4.



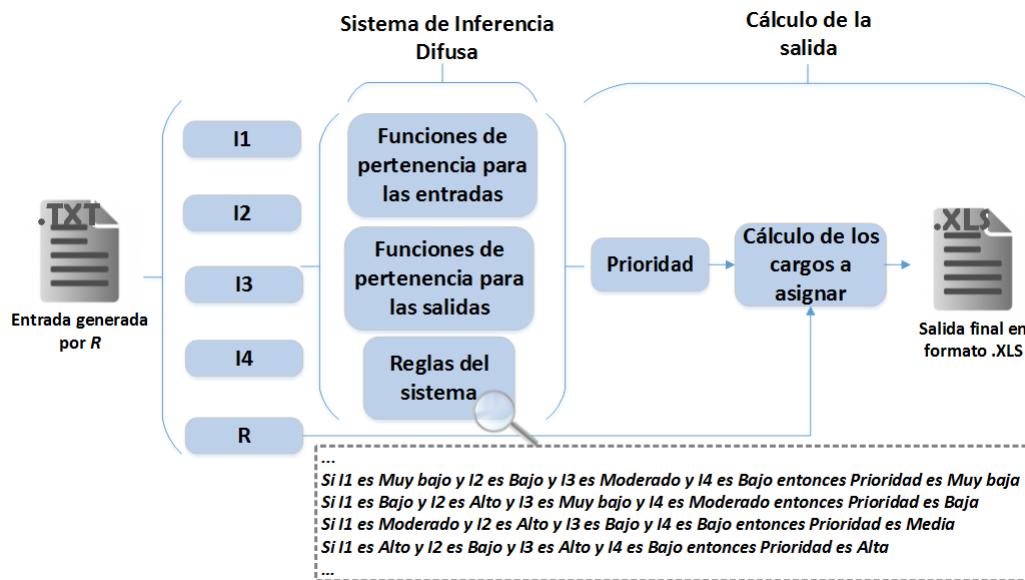
Figura 5.3: Funciones de pertenencia para la salida.

### 5.2.1 Estructura del sistema difuso utilizado

El sistema de inferencia difuso definido en el programa “mamdani.m” tiene el siguiente rango de variables:

- I1: Actividades de investigación [0, 230].
- I2: Actividades de extensión [0, 230].
- I3: Otras actividades de docencia [0, 230].
- I4: Proporción de profesores jubilables [0, 100].
- Salida: Prioridad de asignación para el departamento [0, 100].

En la figura 5.4 se muestra el proceso llevado a cabo en Matlab®. Se pueden observar algunas de las reglas utilizadas en el Sistema de Inferencia Difuso. Las reglas completas se encuentran especificadas en los apéndices D.1, D.2, D.3 y D.4.

Figura 5.4: Flujo del proceso en Matlab<sup>®</sup>.

La estructura del sistema de inferencia difuso definido en el programa “sugeno.m” es análoga a la anterior, pero difiere en la construcción de la salida, cuya equivalencia se muestra en la tabla 5.12.

Mamdani	Sugeno
Mínima	5
Muy baja	17,5
Baja	35
Media	55
Alta	75
Muy alta	100

Tabla 5.12: Equivalencia entre salidas de mamdani y sugeno.

El código de cada script se puede encontrar en los enlaces especificados en el apéndice E.1. El flujo de proceso para la ejecución conjunta de los programas se muestra en la figura 5.5.

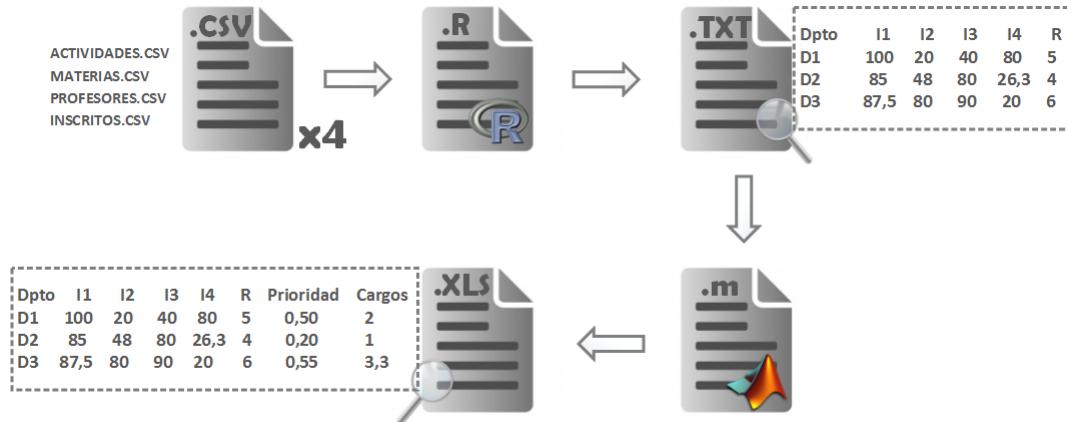


Figura 5.5: Flujo de procesamiento.

## 5.3 Ejecución del proceso. Resultados

Con las características establecidas se procedió a usar como entrada datos pertenecientes a los departamentos de la Escuela de Sistemas de la Facultad de Ingeniería. Además se realizaron algunas variaciones en los valores cuyos resultados se muestran más adelante.

### 5.3.1 Resultados iniciales

En esta sección se procesan los datos iniciales, se observan los resultados y además se proponen algunas variaciones en los mismos para comparar el comportamiento en cada caso, probando así la consistencia de los resultados arrojados por el modelo. Algunas constantes requeridas en la entrada se muestran en la tabla 5.13. Se recuerda que estas deben ser establecidas en consenso antes del procesamiento. Los datos iniciales de entrada para las actividades se muestran en la tabla 5.14. El resto de los datos necesarios se alojan en archivos “.csv” como se ha mencionado anteriormente, y pueden ser encontrados en los enlaces especificados en el apéndice E.1.

Parámetro	Valor
HC	30
ReqOA	20
ReqI	10
ReqEx	5
Hop	12

Tabla 5.13: Valores constantes requeridos en la entrada.

Los resultados obtenidos para los datos iniciales se muestran en la tabla 5.15. Esta contiene los datos de entrada generados por el script en el lenguaje *R* junto con los resultados arrojados por el sistema difuso. Se aclara que para los indicadores *I1*, *I2* e *I3*, se realiza un truncamiento de los valores

Departamento	AÑO	PDAD	PDOAD	PDAI	PDAM	PDAA	PDAEX	HSC
A	2013	71,24	16,53	6,14	15,93	16,01	0	33,67
B	2013	55,68	16,92	53,85	17,5	25,34	6,37	40
C	2013	87,01	8,84	26,17	16,19	17,47	2,01	30,79

Tabla 5.14: Datos iniciales.

que sean mayores de 200, debido a que se considera que a partir de este límite la interpretación es similar. Valores mayores que 200 se toman como excesivos para estos indicadores.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
C	200	40,2	44,2	41,04	9,39	74,94	7,04	74,96	7,04
B	200	127,4	84,6	27,27	0	70,43	0,00	70,89	0,00
A	61,4	0	82,65	30,48	7,68	17,53	1,35	17,50	1,34

Tabla 5.15: Resultados.

Se observa que la tabla de resultados 5.15, contiene la lista de departamentos de forma ordenada según la prioridad. En este caso el departamento “C” presenta mayor necesidad de cargos para cubrir su demanda. Cuenta con el más alto requerimiento de profesores ( $R$ ), y un rendimiento mejor equilibrado en sus actividades. El departamento “A” tiene un resultado poco deseable para el indicador  $I2$  por lo que se penaliza a través de la prioridad que se le da, a pesar de obtener porcentajes de rendimiento aceptables para el resto de actividades; además, el requerimiento de profesores  $R$  es menor que el departamento “C”. El departamento “B” no requiere de profesores (según el valor calculado  $R$ ), por lo que no se le asignan cargos en este caso, a pesar de que su prioridad resultante, gracias a su rendimiento en las actividades, es mayor que la del departamento “A”. De esta manera se asegura que los departamentos que realmente requieren cargos para cubrir sus demandas sean tomados en cuenta adecuadamente.

### 5.3.2 Análisis de sensibilidad

Se hicieron algunas variaciones en la entrada para observar el comportamiento de las salidas. La entrada utilizada se muestra en la tabla 5.16. En este primer caso se cambió la dedicación de la mitad de los profesores del departamento “B” a tiempo convencional. También se modificó el rendimiento del departamento en Otras actividades de Docencia, Investigación y Extensión, disminuyéndolas en un 50 %. En la tabla 5.17 se muestran los resultados.

Departamento	AÑO	PDAD	PDOAD	PDAI	PDAM	PDAA	PDAEX	HSC
A	2013	71,24	16,53	6,14	15,93	16,01	0	33,67
B	2013	55,68	8,46	26,93	17,5	25,34	3,19	27,63
C	2013	87,01	8,84	26,17	16,19	17,47	2,01	30,79

Tabla 5.16: Cambios en actividades. Primera variación.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
C	200	40,2	44,2	41,04	9,39	74,94	7,04	74,96	7,04
B	200	63,8	42,3	30,43	2,89	55,15	1,59	55,10	1,59
A	61,4	0	82,65	30,48	7,68	17,53	1,35	17,50	1,34

Tabla 5.17: Resultados de la primera variación.

Se observa que debido a que se tienen profesores a tiempo convencional, disminuye la capacidad para atender alumnos, por lo que los profesores requeridos aumentan (variable  $R$ ). Hay que tener en cuenta que cuando se tienen más profesores a tiempo convencional no se reportan actividades de investigación, extensión ni otras de docencia, por lo que estos indicadores disminuyen a su vez, pero la variable  $R$  toma importancia en el momento de la asignación de más cargos, lo que evita incurrir en desequilibrio por falta de actividades, sino que compensa la deficiencia.

De igual manera se varían los datos en el departamento “A”. Se tienen más profesores a tiempo convencional, pero además ninguno en estado de mejoramiento. Las tablas 5.18 y 5.19 muestran los resultados. Análogamente a la variación anterior, se observa aumento en la variable  $R$ , debido a la disminución de la capacidad para atender alumnos por la modificación de los tiempos convencionales, incluso cuando no se tienen profesores en estado de mejoramiento. Se observa que a pesar del peso que sostiene  $R$  sobre el resto de factores, las prioridades disminuyen, aunque en bajos porcentajes (ver tabla 5.20), debido a la reducción del rendimiento en actividades en un 50 %. Se confirma la consideración de todos los indicadores para los cálculos de la prioridad.

Departamento	AÑO	PDAD	PDOAD	PDAI	PDAM	PDAA	PDAEX	HSC
A	2013	35,62	8,27	3,07	0	16,01	0	19,07
B	2013	55,68	16,92	53,85	17,5	25,3	6,37	40
C	2013	87,01	8,84	26,17	16,19	17,47	2,01	30,79

Tabla 5.18: Cambios en actividades. Segunda variación.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
C	200	40,2	44,2	41,04	9,39	74,94	7,04	74,96	7,04
B	200	127,4	84,6	30,43	2,89	73,99	2,14	74,21	2,14
A	30,7	0	41,35	41,61	10,34	17,40	1,80	17,10	1,77

Tabla 5.19: Resultados de la segunda variación.

En la tabla de porcentajes de cambio 5.20, los valores negativos reflejan una disminución respecto a los valores iniciales, y los valores positivos reflejan un aumento de los mismos luego de aplicar las variaciones mencionadas.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
A	-50,00 %	0,00	-49,97 %	36,52 %	34,64 %	-0,76 %	33,61 %	-2,29	31,55 %

Tabla 5.20: Porcentajes de cambios luego de la segunda variación.

Para la siguiente variación, se aumentó el número de alumnos inscritos en todas las materias en un 50 %. Esta variación no afecta a los porcentajes de actividades, por lo que los datos de entrada corresponden a los iniciales (ver tabla 5.14). Como es esperado, los requerimientos reflejados en la variable  $R$  aumentan considerablemente. Las actividades no tuvieron cambios por lo que el departamento con mayor prioridad absorbe los cargos disponibles, los cuales no cubren la totalidad de los departamentos, en este caso se usa un límite de cargos de 40 horas igual a 8.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
C	200	40,2	44,2	41,04	19,06	74,94	14,28	74,96	14,29
B	200	127,4	84,6	27,27	0,4	70,43	0,28	70,89	0,28
A	61,4	0	82,65	30,48	15,68	17,53	2,75	17,50	2,74

Tabla 5.21: Resultados de la tercera variación.

En la tabla 5.22, se muestran los porcentajes de cambio como resultado de la variación aplicada anteriormente. En este caso se modificó para los tres departamentos el requerimiento de profesores  $R$ . Algunos valores no se reflejan como porcentajes, debido a que el valor original es cero (0), por lo que se muestra el valor que aumentó o disminuyó como un valor real, como es el caso de  $R$  y  $Cargos$  para el departamento “B”.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
C	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	102,98 %	0,00 %	102,98 %	0,00 %	102,98 %
B	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,4	0,00 %	0,28	0,00 %	0,28
A	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	104,17 %	0,00 %	104,17 %	0,00 %	104,17 %

Tabla 5.22: Porcentajes de cambios luego de la tercera variación.

Contrario al caso anterior, los requerimientos en la cuarta variación disminuyen sustancialmente. Esta vez se disminuyó la cantidad de alumnos inscritos en un 50 %. En este caso hipotético en el que se cubre la demanda de todos los departamentos debido a la poca cantidad de alumnos, pueden sobrar cargos por asignar. Esta herramienta es usada suponiendo escasez, por lo que no es probable que esta situación tenga lugar.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
C	200	40,2	44,2	41,04	0,52	74,94	0,39	74,96	0,39
B	200	127,4	84,6	27,27	0	70,43	0,00	70,89	0,00
A	61,4	0	82,65	30,48	1,52	17,53	0,27	17,50	0,27

Tabla 5.23: Resultados de la cuarta variación.

En la tabla 5.24, se muestran los cambios porcentuales generados por la cuarta variación aplicada sobre los valores iniciales. En este caso los porcentajes de cambio resultan bastante altos, lo que refleja el cambio drástico que supone la disminución de la cantidad de alumnos inscritos a la mitad, mientras no se varía otro factor.

Departamento	Entrada					Mamdani		Sugeno	
	I1	I2	I3	I4	R	Prioridad	Cargos	Prioridad	Cargos
C	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	-94,46 %	0,00 %	-94,46 %	0,00 %	-94,46 %
B	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
A	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	-80,21 %	0,00 %	-80,21 %	0,00 %	-80,21 %

Tabla 5.24: Porcentajes de cambios luego de la cuarta variación.

A través de estos resultados se observa consistencia en el tratamiento del problema. Según las variaciones introducidas en distintas direcciones, se obtienen resultados esperados. De esta forma el modelo se muestra como una herramienta con la suficiente flexibilidad para ser aplicada en otras unidades académicas de la Facultad de Ingeniería de la ULA, que necesiten apoyo en la toma de decisiones y se presenten dispuestas al seguimiento de un registro adecuado para la evaluación de su planta docente.

Además el modelo abarca las distintas áreas de actividades realizadas en la Facultad de Ingeniería, tomando en cuenta aspectos de interés para los departamentos, como el rendimiento de profesores y las demandas a nivel estudiantil. A través del establecimiento en consenso de las constantes utilizadas con requerimientos, se asegura una repartición equitativa de los cargos de acuerdo a las necesidades del momento.

# Capítulo 6

## Conclusiones

Se pudo corroborar que el uso de la Lógica Difusa resulta ser un buen enfoque para el tratamiento del problema de asignación, permitió de manera flexible la inclusión de variables y su manejo e interpretación para los resultados. La naturaleza del problema, que involucra información imprecisa y subjetiva, puede suponer un riesgo en la construcción de modelos, por lo que debe definirse y ajustarse correctamente para el problema en cuestión, para que arroje resultados veraces. La Lógica Difusa se muestra como una herramienta potente que ataca este tipo de obstáculos.

Durante la realización de este proyecto se pudo observar cómo se evalúan las actividades de los profesores de la Facultad de Ingeniería, y los factores principales involucrados en el proceso. Los análisis realizados como base para el inicio de este proyecto, sobre este sistema de evaluación, permitieron detallar algunos puntos importantes relacionados con su aplicación, tal como especifican los reglamentos correspondientes. A partir de dichos análisis, como se expone en el informe anexo a este documento, se pretende aportar ideas y recomendaciones para mejorar la evaluación de los profesores por esta vía. Se facilita el uso de nuevos formatos dirigidos a este fin. Para mejorar la utilidad de los valores recogidos por los informes y resúmenes de actividades se indican algunos puntos que fueron observados durante el proyecto.

El modelo elaborado abarca las áreas de actividades que tienen lugar en la Facultad de Ingeniería: docencia, investigación, extensión, mejoramiento y administración, tal como se propuso estudiar en este proyecto; además de los aspectos relacionados con las demandas a nivel estudiantil, y la disponibilidad y rendimiento de los profesores. Durante las pruebas realizadas se pudo comprobar el funcionamiento adecuado del modelo, verificando los cambios en los resultados, mediante variaciones sobre los datos utilizados. Las reglas que conforman el Sistema de Inferencia Difuso pueden ser modificadas cuidadosamente de acuerdo con las demandas del momento, igualmente pueden ser modificadas las constantes requeridas, establecidas mediante consenso, de forma que el modelo

cuenta con una capacidad de adaptación deseable para la evaluación de los conceptos subjetivos inherentes al problema de asignación de cargos. La extrapolación del modelo a otras unidades académicas es posible, en la medida que se adapten los registros necesarios consistentes en los datos de entrada requeridos. Debido a estas razones se puede concluir que el modelo logró cubrir los objetivos planteados en el proyecto, y además cuenta con el potencial necesario para apoyar la toma de decisiones en la Facultad de Ingeniería de la ULA.

Las herramientas utilizadas para la implementación del modelo se adaptaron con facilidad a las necesidades que se presentaron en cuanto al manejo de grandes cantidades de datos y cálculos estadísticos, por medio del lenguaje de programación *R*, y la fase correspondiente a los sistemas de inferencia difusa se completó de manera satisfactoria, a través del software matemático Matlab®.

## 6.1 Recomendaciones

Sobre los datos y su recolección, se recomienda que su recopilación, orden y archivado correspondientes a los profesores de los departamentos, sean realizados bajo pautas estándares de tal manera que sea relativamente fácil su ubicación, revisión y consulta. El registro digital de estos datos, adicional al registro físico, permitiría un acceso más rápido de la información disponible, así como también la elaboración fiable de los resúmenes de actividades para cada departamento.

Se recomienda una cuidadosa revisión y verificación de los informes entregados, así como también su agrupamiento en los resúmenes, tanto por parte del profesor remitente como por parte del personal encargado de su archivo. De esta forma se asegura que los valores sean confiables y útiles para el departamento.

Los profesores y demás miembros involucrados en su evaluación, deben estar suficientemente informados sobre los reglamentos, sus contenidos, sus deberes y derechos. De esta forma mejorar el registro de informes de actividades cumplidas y propuestas, y la comprensión e interpretación de los valores que ellos contienen. Con un adecuado conocimiento de los reglamentos y deberes se disminuyen las dudas y los errores causados debido a la confusión al momento del registro de informes, como el llenado de tareas compartidas, las tareas que pueden ser incluidas, los porcentajes y horas tabuladas, entre otros. Se espera que los nuevos formatos elaborados sean utilizados correctamente con este propósito.

La automatización de la recolección de los registros de evaluación y demás información de los profesores y actividades que sean de importancia para los informes, se perfila como un posterior proyecto que pudiese ponerse en marcha para la mejora de los procesos de asignación de cargos, y en general para el análisis del rendimiento de los profesores. Esto puede estar dirigido a la construcción de

un sistema para reportes y evaluación profesoral. Debido a las incidencias y confusiones encontradas durante la revisión de informes y resúmenes, cabe preguntarse si la estructura del reglamento para la evaluación es la adecuada o debe adaptarse a las necesidades actuales del personal docente.

Para el mejoramiento del modelo planteado se sugiere recoger mayor información y estudiar más a fondo el problema, dando mayor importancia a la opinión de los miembros involucrados en la asignación de cargos, consultando las visiones sobre la importancia de las áreas estudiadas y la interpretación de las soluciones, lo cual sirve como conocimiento experto que imprima mayor utilidad a los resultados.

# Bibliografía

- Cerrada, M. y Rodríguez, W. (2001). *Introducción a la técnicas de computación inteligente*, chapter Lógica Difusa, pages 53–101.
- Quintero, M. A., Jerez Rico, M., y Ablan, M. (2010). Metodos heurísticos en la planificación del manejo forestal: Un ejemplo de aplicación. *Revista Forestal Venezolana*, 54(2):183–194.
- Rodríguez, J. (2010). Cálculo de capacidad de matrícula y demanda de profesores.
- Taha, H. (2014). *Investigación de Operaciones*. Pearson, 9 edition. Edición traducida al español.
- Uzcátegui, M., Dávila, J., y Tucci, K. (2011). Galatea: una historia de modelado y simulación. *Revista Ciencia e Ingeniería*, (1316-7081):85–94.
- Velez, M. y Montoya, J. (2007). Metaheurísticos: Una alternativa para la solución de problemas combinatorios en administración de operaciones. *Revista EIA*, (8):99–115.
- Viloria, F. J. (2013-2015). Cálculo de demanda de profesores.

## **Apéndice A**

# **Revisión de informes y resúmenes de actividades**

### **A.1 Informes individuales de Actividades Cumplidas**

En este informe se exponen los detalles observados en el llenado de las planillas de informes y resúmenes de actividades, y se hacen algunas recomendaciones destinadas a facilitar el proceso y mejorar el uso de los registros y la utilidad de los datos.

Los datos recolectados pertenecen a los tres departamentos de la Escuela de Sistemas de la Facultad de Ingeniería. La revisión de los informes individuales arrojó algunas diferencias entre los formatos utilizados por cada departamento.

#### **A.1.1 Formato de Sistemas de Control**

El siguiente formato es comúnmente usado por los profesores adscritos al Departamento de Sistemas de Control. Seguidamente se analizan los detalles observados.

<b>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROL</b>																																																																																																																							
<b>INFORME DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS DEL PERSONAL DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA. AÑO: 2013</b>																																																																																																																							
<b>DATOS BÁSICOS DEL PROFESOR</b> UNIDAD ACADÉMICA: <b>DPTO. DE CONTROL</b> PROF.: [REDACTED] C.I.: [REDACTED]				ESCUELA/CENTRO: <b>SISTEMAS</b> FECHA: <b>15/06/1996</b> CATEGORÍA: <b>Asociado</b> DEDIC. <b>Ded. Ex.</b> HSC: <b>40</b>																																																																																																																			
<b>1. ACTIVIDADES DE DOCENCIA</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sem</th> <th>Asignatura</th> <th>SEC</th> <th>HC</th> <th>HP</th> <th>HL</th> <th>HTC</th> <th>HDP</th> <th>%</th> <th>HS</th> <th>NS</th> <th>HA</th> <th>NSA</th> <th>HSP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-13</td> <td>Introducción a los Proc. Químicos</td> <td>01</td> <td>4</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>20</td> <td>100%</td> <td>20</td> <td>34</td> <td>680</td> <td>42</td> <td>16,1905</td> </tr> <tr> <td>A-13</td> <td>Control 2</td> <td>01</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td>0</td> <td>100%</td> <td>0</td> <td>34</td> <td>0</td> <td>42</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>B-13</td> <td>Control 2</td> <td>01</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td>21</td> <td>100%</td> <td>21</td> <td>8</td> <td>168</td> <td>42</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>B-13</td> <td>Introducción a los Proc. Químicos</td> <td>02</td> <td>4</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>19</td> <td>100%</td> <td>19</td> <td>8</td> <td>152</td> <td>42</td> <td>3,61905</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="11"> <b>TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TAD)</b>  <b>PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE ENEÑANZA (PDAD)</b> </td> <td>23,8095</td> </tr> <tr> <td colspan="11"></td> <td>59,5238</td> </tr> </tbody> </table>												Sem	Asignatura	SEC	HC	HP	HL	HTC	HDP	%	HS	NS	HA	NSA	HSP	A-13	Introducción a los Proc. Químicos	01	4	2			20	100%	20	34	680	42	16,1905	A-13	Control 2	01	0	0	0		0	100%	0	34	0	42	0	B-13	Control 2	01	4	1	2		21	100%	21	8	168	42	4	B-13	Introducción a los Proc. Químicos	02	4	2			19	100%	19	8	152	42	3,61905															<b>TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TAD)</b> <b>PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE ENEÑANZA (PDAD)</b>											23,8095												59,5238
Sem	Asignatura	SEC	HC	HP	HL	HTC	HDP	%	HS	NS	HA	NSA	HSP																																																																																																										
A-13	Introducción a los Proc. Químicos	01	4	2			20	100%	20	34	680	42	16,1905																																																																																																										
A-13	Control 2	01	0	0	0		0	100%	0	34	0	42	0																																																																																																										
B-13	Control 2	01	4	1	2		21	100%	21	8	168	42	4																																																																																																										
B-13	Introducción a los Proc. Químicos	02	4	2			19	100%	19	8	152	42	3,61905																																																																																																										
<b>TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TAD)</b> <b>PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE ENEÑANZA (PDAD)</b>											23,8095																																																																																																												
											59,5238																																																																																																												
O PREPARADOR Y/O TÉCNICO: [REDACTED] ACTIVIDAD QUE REALIZA: Asistencia a los estudiantes en horas de práctica y/o laboratorio.																																																																																																																							

Figura A.1: Formato de informe de actividades cumplidas del Departamento de Sistemas de Control.

En el encabezado se especifican los datos del profesor, la unidad académica a la que pertenece, sus horas de dedicación, entre otros. En el campo fecha, especificado en este encabezado, suele colocarse la fecha de ingreso del profesor a la unidad académica. En el título, se especifica el año en el que se cumplieron las actividades. Para las actividades de docencia se especifican las columnas:

SEC: se refiere a la sección de la asignatura que atiende el profesor.

HC: se refiere a las horas de clases que imparte el profesor.

HP: se refiere a las horas prácticas que imparte el profesor.

HL: se refiere a las horas de laboratorio que imparte el profesor.

HTC: se refiere a las horas dedicadas a Trabajos de Campo.

HDP: son las horas ponderadas.

%: se refiere al porcentaje de carga que tiene el profesor en la asignatura (si es compartida con otro profesor será menor a 100 %).

HS: horas semanales de clases.

NS: número de semanas del período académico.

HA: horas anuales cumplidas.

NSA: número de semanas anuales para un profesor (normalmente 42).

HSP: horas semanales ponderadas.

Los valores de HDP, HA y HSP deben ser calculados automáticamente, igual que TAD, y PDAD. En el apartado de Otras Actividades de Docencia, sólo se tienen 3 columnas: HA, NSA, HSP. En este caso, no se puede especificar si el profesor comparte las actividades con otros profesores, a través del campo de porcentaje “%”. Tampoco se especifican el número de semanas (NS) ni las horas semanales

(HS).

2. OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA		HA	NSA	HSP
Jurado de tres (3) concursos de preparador Dpto. Sistemas de Control		18	42	0,42857
Tutoría Ing. Tesis de Maestría en Ing. de Control y Automatización (2013)		160	42	3,80952
TOTAL DE HORAS EN OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TOAD)		4,2381		
PORCENTAJE DEDICADO A OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA (POOAD)		10,5952		

Figura A.2: Otras Actividades de Docencia. Departamento de Sistemas de Control.

En el apartado de Actividades de Investigación, tampoco se hace uso de la columna de porcentaje “%”, pero sí se incluyen HS y NS. Igualmente para las actividades de Mejoramiento, Administración y Extensión.

3. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN		HS	NS	HA	NSA	HSP
(2013). Sistema ascensor de cuatro pisos controlado mediante redes de Petri con fines didácticos. Revista Ciencia e Ingeniería, 34(2), 83-92.		0	38	304	42	7,2381
				0	42	0
				0	42	0
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN (TAI)		7,2381				
PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN (PDAI)		13,0952				

Figura A.3: Actividades de Investigación. Departamento de Sistemas de Control.

### A.1.2 Formato de Computación

Comúnmente los profesores adscritos al departamento de Computación utilizan el mismo formato de Sistemas de Control, incluyendo encabezados y columnas para las actividades. Los nombres de las columnas son los mismos expresados en los formatos de Sistemas de Control mencionados anteriormente.

INFORME DE ACTIVIDADES REALIZADAS DEL PERSONAL DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA. AÑO: 2013														
DATOS BÁSICOS DEL PROFESOR		UNIDAD ACADÉMICA: DPTO. DE COMPUTACIÓN		C.I.: [REDACTED]		ESCUELA/CENTRO: SISTEMAS		FECHA: 01/11/1988						
PROF.: [REDACTED]		CATEGORÍA: TITULAR		DEDICACIÓN: EX		HSC: 40								
<b>1. ACTIVIDADES DE DOCENCIA</b>														
Sem	Asignatura	SEC	HC	HL	HP	HTC	HDP	%	HS	NS	HA	NSA	HSP	
A-2013	Programación 3	01	4	0	0	0	13	100%	15	34	510	9	56,8667	
A-2012	Programación 3	01	4	0	0	0	13	100%	15	8	120	9	13,3333	
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TA) 70														
PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA (PD) 175														
0 PREPARADOR Y/O TÉCNICO ACTIVIDAD QUE REALIZA														
<b>2. OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA</b>														
A-2013 Tutoría de Tesis de Maestría Ing. Solange García. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ARQUITECTURA DE												HA	NSA	HSP
A-2013 Jurado de 2 Proyectos de grado												4	49	0,09523
												0	0	0
TOTAL DE HORAS EN OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TOAD) 3,90475														
PORCENTAJE DEDICADO A OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA (PDAOAD) 9,76186														

Figura A.4: Formato de informe de actividades cumplidas del Departamento de Computación.

3. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN																
												HS	NS	HA	NSA	HSP
												0	0	0	42	0
												0	42	0		
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN (TAI) 0															(PDAI) 0	

Figura A.5: Actividades de Investigación. Departamento de Computación.

Otro Formato utilizado en Computación es el mostrado en la Figura A.6, sólo con diferencias de distribución de la información y delineado de las columnas.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE SISTEMAS DPTO. COMPUTACION	Mérida, 10 de Enero de 2011												
INFORME DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS DEL PERSONAL DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA. AÑO 2010													
DATOS BÁSICOS DEL PROFESOR:													
UNIDAD ACADÉMICA: [REDACTED]	FACULTAD DE INGENIERIA	ESCUELA: [REDACTED]	SISTEMAS	FECHA DE ING.: 11/01/1979									
PROF.: [REDACTED]	C.I.: [REDACTED]	CATEGORÍA: Titular	DEDICACIÓN: Exc.	HSC: 40									
<b>1.- ACTIVIDADES DOCENTES</b>													
SEM	ASIGNATURA	S	HC	HL	HT	HTC	HDP	%	HS	NS	HA	NSA	HSP
A-2010	Arq. de Comp.	1	4	2	0	0	14	100	14	12	168		4,00
A-2010	Sistemas Digitales	1	4	2	0	0	15	100	15	12	180		4,29
			0				0	100	0		0		0,00
			0				0	100	0		0		0,00
			0				0	100	0		0		0,00
B-2010	Arq. de Comp.	1	4	2	0	0	14	100	14	20	280		6,67
B-2010	Sistemas Digitales	1	4	2	0	0	13	100	13	20	260		6,19
			0				0	100	0		0		0,00

Figura A.6: Otro Formato de informe de actividades cumplidas del Departamento de Computación.

### A.1.3 Formato de Investigación de Operaciones

La figura A.7 es un ejemplo del formato usado en el Departamento de investigación de Operaciones.

ACTIVIDADES CUMPLIDAS DEL PERSONAL DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA.													Año 2013					
Prof.: [REDACTED]			UNIDAD ACADÉMICA: Inv. Operaciones			ESCUELA: SISTEMAS												
C.I.: [REDACTED]	CATEGORÍA: TITULAR		DEDICACIÓN: EXCLUSIVA			HSC: 40			FECHA 05/05/2014									
<b>1. ACTIVIDADES DE DOCENCIA</b>																		
Sem	Asignatura	SEC	NrEs	HT	FPHT	HP	HL	HTC	HS	HRE	HDP	%	NS	HA	NSA	HSP		
B-13	Estocástica 1	01	40	5	3,75						18,75	100%	7	131,3	42	3,125		
B-13	Estocástica 1	02	16	5	2,75						13,75	100%	7	96,25	42	2,2917		
B-13	Taller de IO	01	11	8	3,5						28	50%	7	98	42	2,3333		
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TAD)													7,75					
PORCENTAJE DEDICADO A OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENC. (PDAD)													19%					
<b>2. OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA</b>																		
Tutor de Proyecto de Grado: Br. Karina Gutirrez													%	HA	NSA	HSP		
Tutor de Proyecto de Grado: Br. Henry Moret													100%	120	42	2,8571		
Tutor de Proyecto de Grado Br: Javier Ojeda													100%	120	42	2,8571		
TOTAL DE HORAS EN OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TOAD)													8,5714					
PORCENTAJE DEDICADO A OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENC. (POAD)													21%					
<b>3. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN</b>																		
Artículo en EDUCERE: "Diagnóstico de la carrera educación matemática (ULA-Mérida), utilizando vectores de desempeño académico".													%	HS	NS	HA	NSA	HSP
Artículo en EDUCERE: "Modalidades de admisión y su impacto en el Rendimiento de estudiantes de dist													34%	5	42	210	42	1,7
													50%	3	42	126	42	1,5

Figura A.7: Formato de informe de actividades cumplidas del Departamento de Investigación de Operaciones.

Se observa que las columnas en el apartado de Actividades de Docencia tienen algunos cambios con respecto a los informes de Computación y Sistemas de Control.

NrEs: se refiere al número de estudiantes que tiene la sección.

HT: se refiere al número de horas teóricas de la asignatura.

FPHT: se refiere al Factor de Ponderación de horas teóricas. Este factor está especificado en el ?. La tabla 3.2 muestra los factores establecidos.

Adicional se incluye la columna HRE: Horas de régimen especial. Se observa que en este formato se incluye la columna de porcentaje (%), para las actividades de Investigación y Extensión. No así para las de Administración y Mejoramiento.

3. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN		%	HS	NS	HA	NSA	HSP
Poster en Evento Internacional: "Optimización de la distribución de productos de la empresa Lácteos Santa Bárbara"		50%	5	42	210	42	2,5
Ponencia: "Optimización de semáforos en una intersección de la ciudad de Mérida"		50%	3	42	126	42	1,5
Artículo en memorias de Congreso Internacional: "Un Modelo de Simulación de una Planta Procesadora de Café"		30%	5	42	210	42	1,5
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN (TAI)						5,5	
PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN (PDAI)						14%	

Figura A.8: Actividades de Investigación. Departamento de Investigación de Operaciones.

4. ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO		HS	NS	HA	NSA	HSP
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO (TAM)						0
PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO (PDAM)						0%

5. ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN		HS	NS	HA	NSA	HSP
Reuniones de Departamento		1	42	42	42	1
Coordinador de Visitas Técnicas de la Escuela de Ingeniería de Sistemas		2	42	84	42	2
Miembro de la Comisión de Equivalencias, Traslados y Reválidas de la EISULA (CETRIS)		2	42	84	42	2
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN (TAA)						5
PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN(PDAA)						13%

Figura A.9: Actividades de Mejoramiento y Administración. Departamento de Investigación de Operaciones.

6. ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN		%	HS	NS	HA	NSA	HSP
TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN (TAEX)						0	
PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN (PDAEX)						0%	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TOTAL DE HORAS SEMANALES DE ACTIVIDADES	(THSA)	50,8
		(PR)	127%

Figura A.10: Actividades de Extensión. Departamento de Investigación de Operaciones.

Cabe señalar que el Factor de Ponderación de Horas Teóricas es un punto importante para el cálculo correcto de las horas totales cumplidas. Es recomendable que todas las unidades académicas cuenten con un formato estándar para registrar las actividades cumplidas en las escuelas o centros de la Facultad de Ingeniería.

## A.2 Resúmenes de Actividades Cumplidas

La información contenida en cada informe individual es resumida por cada departamento para cada año académico. En los resúmenes de actividades cumplidas de cada unidad académica, se encuentran los campos siguientes:

- Profesor: Nombre del profesor adscrito a la unidad académica.
- TAD: Total de actividades de docencia cumplidas por el profesor.
- PDAD: Porcentaje de actividades de docencia cumplidas por el profesor.
- TOAD: Total de otras actividades de docencia cumplidas por el profesor.
- PDOAD: Porcentaje de otras actividades de docencia cumplidas por el profesor.
- TAI: Total de actividades de investigación cumplidas por el profesor.
- PDAI: Porcentaje de actividades de investigación cumplidas por el profesor.
- TAM: Total de actividades de mejoramiento cumplidas por el profesor.
- PDAM: Porcentaje de actividades de mejoramiento cumplidas por el profesor.
- TAA: Total de actividades de administración cumplidas por el profesor.
- PDAA: Porcentaje de actividades de administración cumplidas por el profesor.
- TAEX: Total de actividades de extensión cumplidas por el profesor.
- PDAEX: Porcentaje de actividades de extensión cumplidas por el profesor.
- THSA: Total de horas anuales cumplidas por el profesor.
- HSC: Total de horas semanales de carga del profesor según su dedicación.
- PR: Porcentaje de rendimiento del profesor.

Los valores para cada campo son extraídos de los informes individuales de cada profesor y resumidos para obtener los totales correspondientes a la unidad académica.

Estas son observaciones hechas sobre los resúmenes de los tres departamentos con respecto a la totalización de los valores, apoyadas con cálculos en Excel y tomando en cuenta los errores de tipeo. Se muestra cómo son hechos los cálculos en el Resumen de Actividades, según cada departamento.

### A.2.1 Totales de Sistemas de Control

RESUMEN DE PROFESORES																
No.	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
1	17,00	42,5%	3,52	8,8%	11,00	27,5%	0,00	0,0%	20,00	50,0%	0,00	0,0%	51,52	40	128,8%	
2	32,00	80,0%	12,45	31,1%	6,00	15,0%	0,00	0,0%	7,00	17,5%	4,00	10,0%	61,45	40	183,6%	
3	17,00	42,5%	12,85	32,1%	32,00	80,0%	0,00	0,0%	13,00	32,5%	4,00	0,1%	78,85	40	197,1%	
4	23,80	59,5%	4,23	10,6%	7,23	18,1%	0,00	0,0%	6,76	19,9%	0,00	0,0%	72,04	40	105,1%	
5	30,55	78,4%	5,19	13,0%	0,00	0,0%	5,09	14,3%	5,09	12,7%	0,00	0,0%	46,55	40	116,4%	
6	36,00	90,0%	4,09	10,2%	4,00	10,0%	0,00	0,0%	18,00	45,0%	0,28	0,7%	62,38	40	156,0%	
7	36,6	91,7%	7,14	17,9%	61	152,5%	0	0,0%	38	90,0%	4	10,0%	144,8	40	362,0%	
8	31	77,5	16,19	40,47%	1,71	4,28%	0	0	2	5	0	0	50,9	40	127,28	
9	6,85	17,14%	5,71	14,29%	8	20%	20	50	0	0	0	0	40,57	40	101,43	
10	10,76	26,92%	0,14	0,36%	8	20%	16,9	42,26	2,21	5,54	3,78	9,4	41,79	40	104,48	
11	3,42	8,6%	2,95	7,4%	84	210,0%	34,28	85,0%	1,42	3,6%	2	30,0%	138,09	40	345,2%	
<b>TOTALES</b>		<b>245,0</b>	<b>718,15</b>	<b>66,6%</b>	<b>166,7%</b>	<b>222,9</b>	<b>306,3%</b>	<b>76,9</b>	<b>17,5%</b>	<b>111,5</b>	<b>25,3%</b>	<b>18,0</b>	<b>4,1%</b>	<b>726,6</b>	<b>440,0</b>	<b>165,1%</b>

TOTALES DE LA UNIDAD ACADEMICA																
NP	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
13	245,0	718,2%	66,6	165,7%	122,5	306,3%	76,9	17,5%	111,5	25,3%	18,0	4,1%	726,6	440,0	165,1%	

PROMEDIOS PARA LA UNIDAD ACADEMICA																
NP	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
13	18,8	55,2%	5,1	12,8%	9,4	23,6%	5,9	1,3%	8,6	1,9%	1,4	0,3%	55,9	33,8	12,7%	

Figura A.11: Resumen de Sistemas de Control. Año 2013.

Los totales de cada actividad son la sumatoria de cada una (*TAD*, *TOAD*, *TAI*, etc.). No está claro cómo se calculan los totales de los porcentajes de las actividades. Comparando con cálculos hechos en Excel y verificando todos los valores en la tabla, resultan valores cercanos pero no iguales a los que se muestran. El *PR* total es calculado como:

$$\frac{THSA_{total}}{HSC_{total}}$$

Los promedios totales (Promedios para la Unidad Académica), están calculados como el cociente de los valores totales (tanto el total de las actividades como el total de los porcentajes), entre el número de profesores listados (*NP*).

Se observa que los valores promedios resultantes son pequeños. El valor de *PR* debe reflejar el rendimiento promedio de cada profesor de la unidad académica. Tomando en cuenta que los porcentajes de rendimiento de los profesores están sobre 100 % en la mayoría de los casos, el valor promedio resultante en el resumen no es consistente.

Estos cálculos son realizados de igual manera para los informes resumen del Departamento de Sistemas de Control, desde 2010 hasta 2013.

### A.2.2 Totales de Investigación de Operaciones

Los totales de cada actividad son la sumatoria de cada una. Los totales de los porcentajes (*PDAD*, *PDAI*, etc.), se calculan con la división del total de la actividad entre el total de las *HSC*. Por ejemplo:

$$PDAD_{total} = TAD_{total} HSC_{total} \text{ (expresado en porcentaje)}$$

El total de  $PR$  se calcula como:

$$PR_{total} = THSA_{total} HSC_{total}$$

RESUMEN DE PROFESORES																
No.	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
1	33,30	95,0%	6,00	17,0%	0,00	0,0%	3,57	3,6%	5,00	14,0%	0,00	0,0%	47,80	35	137,0%	
2	33,00	83,0%	11,43	29,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	5,00	13,0%	0,00	49,4%	49,40	40	124,0%	
3	5,00	100,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	5,00	5	100,0%	
4	23,95	60,0%	22,38	56,0%	0,19	0,0%	0,00	0,0%	7,62	19,0%	0,00	0,0%	54,10	40	135,0%	
6	24,17	60,0%	0,52	1,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	19,00	48,0%	0,00	0,0%	43,70	40	109,0%	
7	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	40,00	100,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	40,00	40	100,0%	
8	34,50	86%	5,81	15%	5,50	14,0%	0,00	0%	5,00	13%	0,00	0,0%	50,80	40	127,0%	
9	47,29	118%	10,86	27%	0,00	0,0%	0,00	0%	7,00	18%	0,00	0,0%	65,14	40	162,9%	
10	3,33	83,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	3,24	81,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	6,60	4	164,0%	
11	25,71	64,0%	4,38	11,0%	2,09	5,2%	0,00	0,0%	12,50	31,3%	0,00	0,0%	44,70	40	112,0%	
12	34,24	85,6%	8,57	21,4%	16,00	40,0%	0,00	0,0%	0,43	1,1%	0,00	0,0%	59,24	40	148,1%	
<b>TOTALES</b>		198,2	68,6%	52,5	18,2%	23,8	8,2%	43,2	15,0%	51,5	17,8%	0,0	0,0%	369,3	289,0	127,8%
TOTALES DE LA UNIDAD ACADÉMICA																
NP	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
12	198,2	68,6%	52,5	18,2%	23,8	8,2%	43,2	15,0%	51,5	17,8%	0,0	0,0%	369,3	289,0	127,8%	
PROMEDIOS PARA LA UNIDAD ACADÉMICA																
NP	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR	
12	16,5	5,7%	4,4	1,5%	2,0	0,7%	3,6	1,2%	4,3	1,5%	0,0	0,0%	30,8	24,1	10,6%	

Figura A.12: Resumen de investigación de Operaciones. Año 2013.

Al igual que en los resúmenes de Sistemas de Control, los promedios totales (Promedios para la Unidad Académica), se calculan como el cociente de los valores totales (tanto el total de las actividades como el total de los porcentajes), entre el número de profesores listados ( $NP$ ). Esto da como resultado valores pequeños que no son consistentes con los promedios reales.

### A.2.3 Totales de Computación

Los totales de cada actividad son la sumatoria de cada una. Los totales de los porcentajes están calculados como la “suma de todos los porcentajes”. Aquí hay un punto que tratar, concerniente a *Excel*, cuando se realiza el cálculo.

Por comodidad y facilidad en *Excel*, si en una celda anterior (por ejemplo,  $TAD_{total}$ ) se aplica una fórmula (en este caso  $SUMA()$ ), se puede copiar la fórmula a las celdas contiguas arrastrando la celda original (en este caso hacia la derecha), para sumar el resto de las columnas. El problema en este sentido es que se arrastra también el formato de la celda (el formato de  $TAD$  es “numero”), lo cual se extiende a las celdas que deberían tener formato de “porcentaje”. Esto da como resultado que las celdas de totales de porcentajes tengan el formato de número y se lea como si fuese una proporción. El  $PR$  también está calculado como una suma, pero con el formato de número.

Los promedios totales se calculan como la división de los totales anteriores entre el número de profesores listados. En este caso no hay error para los promedios de las actividades ( $TAD$ ,  $TAI$ , etc.). Los porcentajes parecen ser consistentes, sólo que expresados en proporción. Con sólo cambiar el formato de las celdas se expresaría en porcentajes (o multiplicando por 100).

UNIDAD ACADÉMICA : DEPARTAMENTO DE COMPUTACION													ESCUELA : INGENIERIA DE SISTEMAS				
FECHA : 20.05.14																	
Nº	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR		
1	4,00	100,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	40,00	40	100,0%		
2	42,00	105,0%	0,00	0,0%	20,00	50,0%	10,00	25,0%	1,00	2,5%	0,00	0,0%	73,00	40	182,5%		
3	33,70	84,3%	3,62	9,0%	10,00	25,0%	0,00	0,0%	8,00	20,0%	0,00	0,0%	55,30	40	138,3%		
4	70,00	175,0%	3,90	9,8%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,67	1,7%	0,00	0,0%	70,67	40	176,67%		
5	5,60	21,4%	7,57	18,9%	0,48	1,2%	15,24	38,1%	2,57	6,7%	5,52	13,8%	40,00	40	100,0%		
6	4,00	100,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	40,00	40	100,0%		
7	20,00	50,0%	11,43	28,6%	0,00	0,0%	6,88	17,14%	5,00	12,5%	0,00	0,0%	43,29	40	108,23%		
8	24,00	60,0%	6,85	17,1%	6,00	15,0%	6,00	15,0%	11,00	27,5%	3,43	8,6%	57,29	40	143,23%		
9	33,98	1,888%	2,8571	0,1587%	1,4288	0,079%	0,00	0,0%	8,889	0,4938%	0,00	0,0%	27,02	18	150,1%		
10	24,00	60,0%	3,30	8,3%	77,00	192,5%	1,90	4,8%	4,50	11,3%	2,00	5,0%	112,70	40	281,8%		
11	36,50	91,3%	6,20	15,5%	6,90	17,3%	5,70	14,3%	10,00	25,0%	0,2857	0,714%	40,95	40	102,39%		
12	36,00	90,0%	0,28	0,7%	20,00	50,0%	6,88	17,1%	4,00	10,0%	0,00	0,0%	67,14	40	167,86%		
13	4,95	12,0%	0,00	0,0%	3,00	8,0%	32,38	81,0%	0,57	1,0%	0,00	0,0%	42,60	40	107%		
14	4,00	10,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	1,00	2,5%	0,00	0,0%	5,00	40	100,0%		
TOTALES		345,73	9,61	46,03	1,08	144,81	3,59	84,94	2,12	57,30	1,21	11,24	714,97	40	19,57		

TOTALES DE LA UNIDAD ACADÉMICA																	
NP	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR		

PROMEDIOS DE LA UNIDAD ACADÉMICA																	
NP	TAE	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR		

Figura A.13: Resumen de Computación. Año 2013.

En el caso particular de Computación, en el resumen de 2010, los valores totales y promedios muestran consistencia, tanto en las actividades como en los porcentajes. Se observa que el formato no es el mismo para los años siguientes.

Nº	NOMBRE	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR		
1		4,00	100,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	4,00	4,00	100,0%		
2	21,14	52,86	4,86	12,14	28,81	72,92	0,00	0,00	5,52	13,81	2,67	6,67	63,00	40,00	157,50			
3	4,00	100,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	100,0%			
4	27,00	69,00	0,05	0,10	5,00	12,50	0,00	0,00	16,29	49,70	0,00	0,00	49,94	40,00	122,4			
5	26,82	6,67	9,90	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	10,43	0,29	1,10	0,03	44,25	40,00	110,63			
6	17,70	44,20	12,71	31,79	9,43	25,57	10,48	26,19	7,88	19,75	0,29	0,78	58,46	40,00	146,27			
7	19,19	47,98	3,05	7,62	8,00	20,00	0,00	0,00	39,00	97,50	0,57	1,43	69,81	40,00	174,52			
8	15,70	39,30	20,50	51,20	67,90	167,50	21,00	52,40	0,50	1,20	0,00	0,00	124,96	40,00	311,50			
9	33,50	84,00	4,95	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	8,00	28,00	70,00	69,45	40,00	174			
10	33,70	84,30	9,10	23,00	21,00	32,50	0,00	0,00	8,00	20,00	0,00	0,00	71,80	40,00	179,50			
11	34,50	89,25	3,05	7,62	0,00	0,00	0,00	0,00	28,71	69,79	0,00	0,00	64,26	40,00	160,64			
12	12,00	102,00	6,72	47,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,72	12,00	147,64			
13	6,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00	100,00			
14	36,00	162,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,67	19,48	0,00	0,00	39,67	36,00	113,33			
15	36,00	90,00	0,00	0,00	7,19	17,98	1,52	3,81	1,00	2,50	2,00	5,00	47,71	40,00	119,29			
16	33,60	82,50	0,71	1,78	20,28	50,70	10,00	25,00	1,00	1,00	0,00	0,00	64,69	40,00	162,49			
		359,85	1183,97	65,74	195,04	166,71	418,77	43,00	107,40	122,97	282,09	34,63	83,89	797,66	40,00	2379,28		
NP	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR			
16	350,85	1183,97	63,74	195,04	166,71	418,77	43,00	107,49	122,97	282,09	34,63	83,89	797,66	40,00	2379,28			

PROMEDIOS DE LA UNIDAD ACADÉMICA																	
NP	TAE	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDAA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR		
16	22,49	74,89	4,11	12,19	16,42	26,17	5,09	6,71	7,69	17,63	2,16	3,24	49,85	2,50	148,71		

Figura A.14: Resumen de Computación. Año 2010.

Para el resto de los resúmenes (2010, 2011, 2012), parece ser utilizado el mismo formato (para cada departamento, con los mismos detalles que han sido mencionados).

## A.3 Resultados de la revisión en resúmenes e informes individuales

En esta sección se ejemplifican algunos detalles encontrados en los informes y resúmenes de cada departamento. En algunos casos pueden ser comunes a todos los departamentos.

En general, se observó que los errores se deben principalmente a escritura directa de los valores sin el uso de las fórmulas. Se llenan directamente usando los datos de los informes de profesores con o sin errores. Esto quiere decir que si en los informes de los profesores hay sumas erradas, o errores en porcentajes, de igual forma se transcriben en el informe sin verificar.

### A.3.1 Revisión de resúmenes e informes de Investigación de Operaciones

Debido a que los resúmenes son llenados directamente, hay errores de tipo como por ejemplo, colocar como separador decimal un punto (".") en lugar de la coma (","). Esto no afectaba los cálculos inmediatamente debido a que no se hacían cálculos con fórmulas, sino se llenaba toda la información desde los informes individuales, pero en caso de usar hojas de cálculo podría conllevar errores en las totalizaciones.

- Error en PDAM para el profesor (2013). Error copiado desde el informe individual del profesor. Es decir, en el resumen se sobreescribió la fórmula con el valor del informe.
- PDAI resulta 0,5 % para el profesor. En el informe individual aparece cero (error en el cálculo o número de decimales). En el resumen (2013), se copia el error directamente desde informe individual.
- Hay algunas diferencias por décimas en el *PR* (Resumen de 2013), debido quizá al llenado directo, sin permitir que las fórmulas calculen automáticamente.
- Redondeo en ocasiones excesivo en los porcentajes y sumas. Esto se transcribe directo al resumen (2013).

### A.3.2 Revisión de resúmenes e informes de Sistemas de Control

- En los informes individuales se encuentran errores en sumas, redondeo excesivo o exclusión de valores.
- Errores en el formato de las celdas de porcentaje. Por ejemplo: Se muestra 0,008 cuando debería ser 8,3 %.
- Se hace poca revisión de las horas de dedicación del profesor (HSC).

### A.3.3 Revisión de resúmenes e informes de Computación

- Error en sumas de informes individuales.

- Poca verificación de los *HSC* de los profesores.
- Error en porcentajes de actividades. Ejemplo: porcentaje expresado como 1,888 %, Según los valores debería resultar ser 188 %.
- Errores en el llenado del *HSC*. Por ejemplo: En informe individual del profesor se refleja un *HSC* de 5, mientras que en el resumen *HSC* es igual a 40, lo que baja los porcentajes considerablemente (Ejemplo:  $PDAD = 10\%$ , cuando debería ser 80 %).
- El resumen de 2010 de Computación presenta cálculos consistentes, con resultados lógicos para valores finales de sumatorias y porcentajes, al igual que los promedios. En años siguientes no sucede lo mismo, probablemente debido al cambio de formato.

Como producto de la revisión de los informes individuales de cada departamento, se elaboraron tablas donde se recogen las incidencias más frecuentes encontradas. Las incidencias tomadas en cuenta se listan a continuación:

- Ausencia de Porcentaje de participación en Otras actividades de docencia.
- Ausencia de Porcentaje de participación en Investigación.
- Ausencia de Porcentaje de participación en Extensión.
- Formato incorrecto en valores porcentuales.
- Sobreescritura de fórmulas.
- Uso incorrecto de NSA.
- Uso Incorrecto de NS.
- Errores en sumas de actividades: Valores sin tomar en cuenta, etc.
- Uso incorrecto de FPHT: Uso de valores que no corresponden según los reglamentos.
- Ausencia de columna de FPHT.
- Ausencia de la columna Número de estudiantes.
- Visualización de texto incompleto en actividades: El texto en la casilla de descripción de la actividad está truncado y no se visualiza completamente.
- Actividad en apartado no correspondiente: Por ejemplo, colocar Actividades Administrativas como Actividades de Investigación.
- Uso Incorrecto de la columna SEC: El número de la sección se coloca en la columna SEC. La columna SEC no debe usarse para colocar la cantidad de secciones que se atiende.
- Uso incorrecto de HS en Docencia.

En los siguientes gráficos se recogen, para cada año, los porcentajes de informes individuales con cada incidencia por departamento. Se aclara para cada gráfico la siguiente leyenda:

CA: Departamento de Sistemas de Control. SC: Departamento de Computación. IO: Departamento de Investigación de Operaciones.

Las tablas con los datos recogidos pueden ser revisadas en los apéndices (desde C.1 hasta C.4). Los resultados reflejados en los gráficos siguientes no tienen el propósito de realzar la falta de incidencias de algún departamento en detrimento de los otros, sino de recoger y organizar información que será de ayuda en el desarrollo de un nuevo formato que cubra la mayor parte de requerimientos de los registros de datos, y además sirva de apoyo en análisis concerniente a este proyecto.

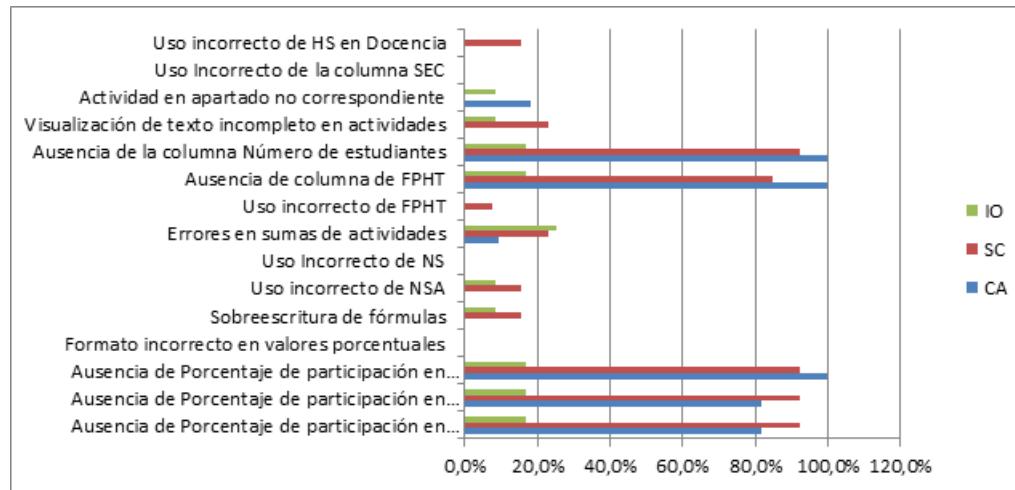


Figura A.15: Porcentaje de incidencias. Año 2013.

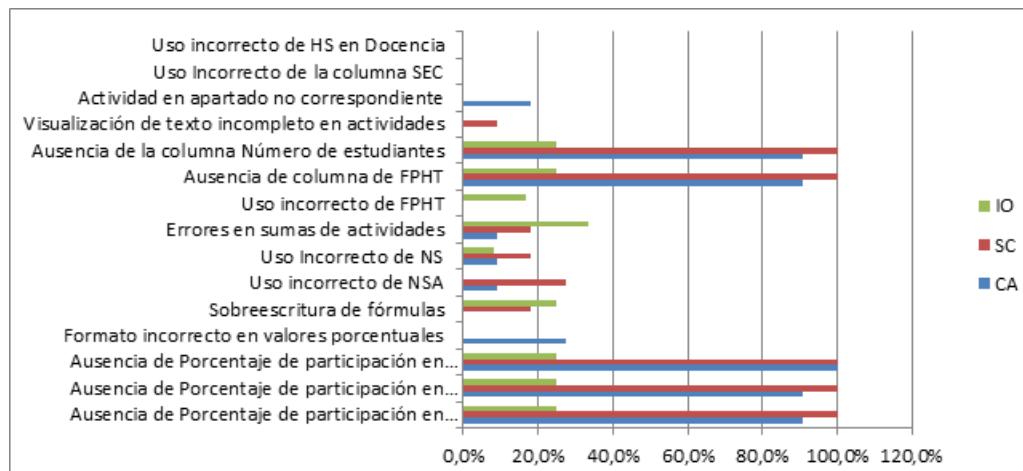


Figura A.16: Porcentaje de incidencias. Año 2012.

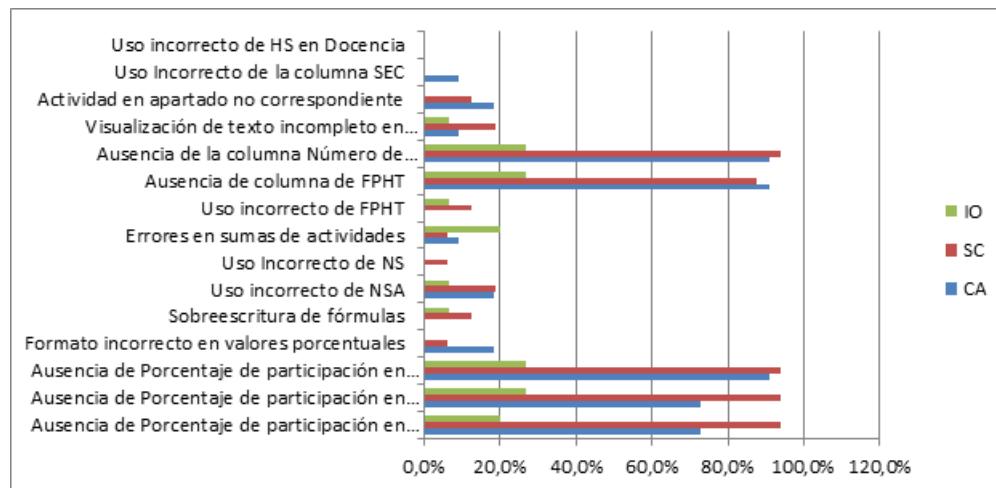


Figura A.17: Porcentaje de incidencias. Año 2011.

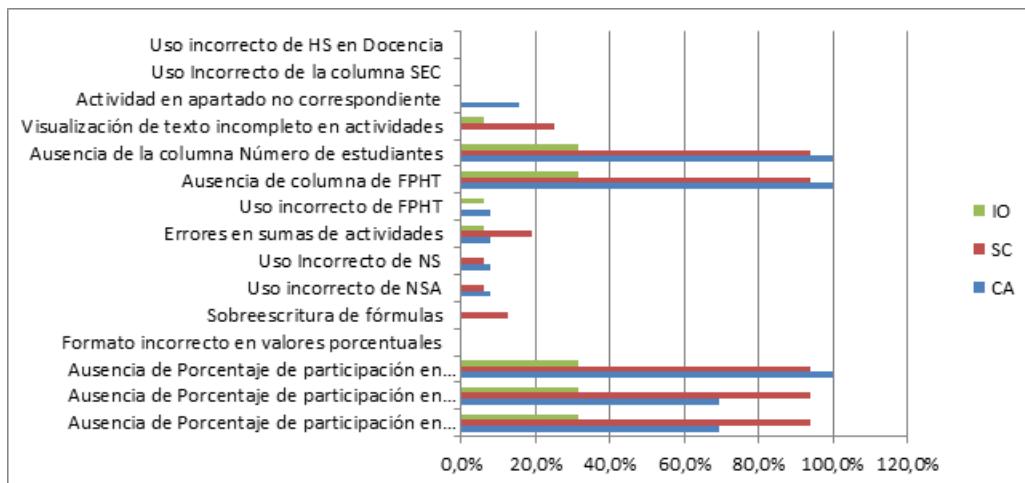


Figura A.18: Porcentaje de incidencias. Año 2010.

## A.4 Nuevos formatos propuestos para los resúmenes e informes

En el marco de este proyecto de grado, es de gran importancia que los registros de datos sobre las actividades que se realizan en la Facultad de Ingeniería, en cuanto a las áreas de docencia, investigación, extensión, mejoramiento y administración, cuenten con la mayor veracidad posible, de forma que los resultados arrojados por el modelo obtenido en el curso de este proyecto sean consistentes, reflejen la realidad de las unidades académicas estudiadas y contribuyan a una toma de decisiones acertada. De manera que para minimizar las incidencias o malentendidos que se dan en los resúmenes e informes,

se proponen nuevos formatos, elaborados en *Excel*, para el llenado de los datos.

## Formato de Resumen de actividades

El nuevo formato cuenta con un encabezado, en el que se especifican los datos del profesor y la fecha de llenado de la planilla, así como también el año al que corresponden las actividades.

RESUMEN DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS DEL PERSONAL DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA																
AÑO:																
UNIDAD ACADÉMICA:		ESCUELA/CENTRO:														
FECHA:		ACTIVIDADES CUMPLIDAS DEL:														
RESUMEN DE PROFESORES																
No.	Profesor	TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR
1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>NP</b>																
<b>0</b>																
TOTALES DE LA UNIDAD ACADÉMICA																
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR		
0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	-		
PROMEDIOS PARA LA UNIDAD ACADÉMICA																
TAD	PDAD	TOAD	PDOAD	TAI	PDAI	TAM	PDAM	TAA	PDA	TAEX	PDAEX	THSA	HSC	PR		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Figura A.19: Formato para resúmenes de actividades.

Como se puede observar, hay seis columnas en las que se especifican el total de actividades de cada profesor: *TAD*, *TOAD*, *TAI*, *TAM*, *TAA*, *TAEX*. En la columna *HSC*, se debe colocar el número de horas que debe cubrir un profesor de acuerdo a su dedicación.

- Cálculos en la tabla principal.

Las columnas de porcentajes: *PDAD*, *PODAD*, *PDAI*, *PDAM*, *PDA*, *PDAEX*, *PR*, son calculadas automáticamente. De igual forma se calculan los valores en la columna *THSA*. Los porcentajes de cada actividad son calculados como:

$$\frac{\text{Total de Actividad del profesor}}{\text{Total de horas de clase que debe cubrir el profesor}}$$

Por ejemplo, para el porcentaje de actividades de docencia se tendría:

$$PDAD = \frac{TAD}{HSC}$$

De la misma manera se aplica al resto de actividades. Los valores de *THSA* se calculan como la suma de los valores de cada actividad, es decir:

$$THSA = TAD + TOAD + TAI + TAM + TAA + TAEX$$

El cálculo del Porcentaje de Rendimiento (*PR*), se realiza de la siguiente manera:

$$PR = \frac{THSA}{HSC}$$

- Cálculo de los Totales de la Unidad Académica.

Los totales para cada actividad se calculan como la suma de las horas de todos los profesores dedicadas a esa actividad. Por ejemplo, en la casilla de totales de la unidad académica para TAD, estaría reflejado el valor de la suma de los TAD de todos los profesores:

$$TAD_{total} = \sum_{i=1}^n TAD_i \text{ donde } n = \text{número total de profesores.}$$

Igualmente para las demás actividades.

El número de profesores se calcula automáticamente con la función *CONTARA()* de Excel. Con esta función se cuentan las celdas que tengan contenido en la columna de profesores. Cada vez que se escriba el nombre de un profesor, será contado.

- Cálculo de los Promedios de la Unidad Académica.

Todos estos valores se calculan automáticamente. Para el cálculo de los promedios se utiliza la función *PROMEDIO()* de Excel. Estos valores reflejan las horas promedios que cumple un profesor de la unidad académica en cada actividad. Igualmente se tiene el promedio de rendimiento de cada profesor. Para evitar accidentes como borrado de fórmulas o sobreescritura, la hoja de Excel debe estar protegida, con las fórmulas bloqueadas.

#### A.4.1 Formato de Informe de Actividades Cumplidas

Se construyó un formato de actividades cumplidas que incluyera las columnas faltantes, según las observaciones hechas sobre los informes de cada departamento. En la figura A.20 se observa el encabezado y el apartado de actividades de Docencia. En este se incluyen las columnas NrEs, FPHT, entre otros.

ACTIVIDADES CUMPLIDAS DEL PERSONAL DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA.													AÑO:			
Prof:	Escuela/Centro:										Categoría:					
C.I:	Unidad Académica:										Dedic:	HSC	40			
<b>1. ACTIVIDADES DE DOCENCIA</b>																
Sem	Asignatura	SEC	Nr. Est	HT	FPHT	HP	HL	HTC	HS	HRE	HDP	%	NS	HA	NSA	HSP
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
											0		0		-	
													TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE DOCENCIA (TAD)	0,00		
													PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA (PDAD)	0,00%		

PREPARADOR Y/O TÉCNICO:

ACTIVIDAD QUE REALIZA:

Figura A.20: Formato de informe de actividades cumplidas.

- Llenado del encabezado.

AÑO: Se debe colocar el año en el que se realizaron las actividades.

Prof: Se coloca Nombre y Apellido del profesor.

C.I: Se coloca el documento de identidad / cédula del profesor.

Fecha: Se coloca la fecha en la que fue llenada la planilla.

Escuela/Centro: a la cual está adscrito el profesor. Ejemplo: Sistemas.

Unidad Académica: Ejemplo: Departamento de Computación.

Categoría: a la cual pertenece el profesor. Ejemplo: Asistente, Agregado, Titular, etc.

Dedic: Dedicación asignada al profesor: Tiempo Completo, Dedicación Exclusiva, etc.

HSC: Carga horaria asignada al profesor según su dedicación.

En el apartado de Otras actividades de Docencia se deben colocar aquellas actividades relacionadas con la docencia, especificadas en el ?, como por ejemplo: tutorías de tesis, jurado de ascenso, etc.

2. OTRAS ACTIVIDADES DE DOCENCIA													%	HA	NSA	HSP
														-		
														-		
														-		
														-		
														-		

Figura A.21: Rótulos del apartado Otras Actividades de Docencia.

Las columnas de porcentaje ( %), HS y NS, también se incluyen en las secciones de actividades

de Investigación y Extensión:

3. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN	%	HS	NS	HA	NSA	HSP
				0	42	0
				0	42	0
				0	42	0
			TOTAL DE HORAS EN ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN PORCENTAJE DEDICADO A ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN	(TAI) (PDAI)		0,00 0,00%

Figura A.22: Rótulos del apartado Actividades de Extensión.

Se recuerda que las columnas HA y HSP son calculadas automáticamente, de igual forma los valores totales de la actividad.

6. ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN	%	HS	NS	HA	NSA	HSP
				0	-	
				0	-	
				0	-	
				0	-	

Figura A.23: Rótulos del apartado Actividades de Investigación.

Para las actividades de mejoramiento y de administración no se especifica la columna de porcentajes, debido a la naturaleza individual de las mismas.

4. ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO	HS	NS	HA	NSA	HSP
			0		-
			0		-
			0		-
			0		-

Figura A.24: Rótulos del apartado Actividades de Mejoramiento.

5. ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN	HS	NS	HA	NSA	HSP
			0		-
			0		-
			0		-
			0		-

Figura A.25: Rótulos del apartado Actividades de Administración.

Finalmente, el apartado de totalización de horas y el Porcentaje de Rendimiento individual:

TOTAL DE ACTIVIDADES	TOTAL DE HORAS SEMANALES DE ACTIVIDADES	(THSA)	0
	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO	(PR)	0,00%

FIRMA DEL PROFESOR

FIRMA DEL JEFE DE LA  
UNIDAD ACADÉMICAFIRMA DEL DIRECTOR DE LA  
ESCUELA/CENTRO

Figura A.26: Totalización de horas y el Porcentaje de Rendimiento individual

Con el uso de estos nuevos formatos, se espera obtener informes y resúmenes consistentes. Los formatos serán llenados en *Excel*, por lo que se tiene la opción de bloquear las fórmulas evitando cualquier inconveniente que pueda ocasionarse por borrado o sobreescritura accidental.



## Apéndice B

# Tablas complementarias de valoración de actividades

Otras actividades de docencia	Hrs. Anuales
Tutor de Pasantía Académica	42
Tutor de Pasantía Especial	60
Tutor de Pasantía Industrial	6
Tutor de Plan II	160
Tutor de Plan de Formación de Instructores	80
Tutor de PAD	60
Tutor de Proyecto o Trabajo de Grado	120
Tutor de Tesis de Postgrado	160
Jurado de ascenso por el artículo 188 del EPDI <sup>1</sup>	3
Jurado de ascenso por el artículo 189 del EPDI	6
Jurado de ascenso por el artículo 163 del EPDI	3
Jurado de Concurso de Oposición para cargos docentes	20
Jurado de Concurso de Credenciales para cargos docentes	8
Jurado de Concurso para preparadores	6
Jurado de Pasantía Académica	4
Jurado de Pasantía Especial	4
Jurado de Trabajo o Pasantía Industrial	4
Jurado de Proyecto de Grado	4
Jurado de Tesis de Postgrado	10
Jurado de Trabajo de ascenso	10
Publicación por editorial de Libro Texto ajustado al programa de una asignatura y evaluado por jurado ad-hoc.	420
Publicación de Libro Texto ajustado al programa de una asignatura y no evaluado por jurado.	252
Publicación de Apuntes Texto aprobado por el Departamento Adscripción del profesor.	210
Publicación de Apuntes de texto no autorizado por el Departamento.	168
Publicación de Guías de Clase.	126
Publicación de módulos de enseñanza	126
Producción de Software Educativo evaluado por un jurado ad-hoc	210

Tabla B.1: Otras actividades de docencia.

Cargo Administrativo	HS	HA
Coordinador del proyecto o programa de maestría o doctorado	12	504
Coordinador de la Oficina de Registros Estudiantiles de la Facultad (ORE)	30	1260
Coordinador del Taller de Publicaciones de la Facultad	10	420
Coordinador de UAPIT	30	1260
Coordinación de la División de Apoyo a la Docencia de Pregrado de la Facultad	8	336
Coordinador del programa de Información Institucional de la Facultad	4	168
Coordinador - Organizador de Congresos, Simposios, Coloquios y Jornadas	3	126
Coordinador de la División de Formación y Actualización Docente	8	336
Coordinador del Comité de la Revista de Ingeniería	5	210
Coordinador de la División Técnica de la Facultad	8	336
Coordinador de Laboratorio Docente	2	84
Comisión de equivalencias de escuela	2	84
Comisión de compras de la Facultad	2	84
Decano	40	1680
Director de Dependencias Centrales	30	1260
Director de escuela, instituto o centro	30	1260
Jefe de cátedra o equivalente	2	84
Jefe de Departamento	16	672
Jefe de Laboratorio de Investigación o Docencia	4	168
Jurado de Concursos para cargos administrativos	-	10
Miembro de Comisión Curricular de Carrera	4	168
Miembro de Comisión Curricular de Facultad	4	168
Miembro de Comisión Electoral de la Facultad	1	42
Miembro de Comisión permanente del Consejo de Escuela	2	84
Miembro de comisión permanente del Consejo de Facultad	2	84
Miembro de comisión permanente del Consejo Universitario	4	168
Miembro junta directiva central de APULA	20	840
Miembro junta directiva seccional de APULA	5	210
Miembro del Comité de la revista de Ingeniería	3	126
Presidente de APULA	30	1260
Presidente de Seccional APULA	10	420
Presidente de comisión electoral de la Facultad	2	84
Rector	40	1680
Representante de escuela ante comité de investigaciones de la Facultad	3	126
Representante de escuela ante comisión de biblioteca	1	42
Representante de la Facultad ante el CDCHT	4	168
Representante de la Facultad ante la comisión central del ambiente	4	168
Representante de los profesores al Consejo de Departamento	1	42
Representante de los profesores al Consejo de Escuela o equivalente	2	84
Representante de los profesores al Consejo de Facultad	4	168
Representante de los profesores al Consejo Universitario	8	336
Secretario del Consejo de Escuela o equivalente	2	84
Secretario del Consejo de Facultad	2	84
Secretario de la Universidad	40	1680
Vicerrector	40	1680

Tabla B.2: Valoración de las actividades administrativas según el Reglamento.

Cargo administrativo	Horas sem
Coordinador del Consejo o la División de Estudios de Postgrado de la Facultad (CEP-FI)	20
Coordinador de un Proyecto o Programa de Doctorado, Maestría o Especialización	12
Coordinador del Comité de Investigaciones (CIFI)	6
Representante de cada Escuela o Instituto ante el CIFI	2
Representante de la Facultad ante el CDCHT	6
Coordinador de la Comisión Curricular de la Facultad	4
Coordinador de la Comisión Curricular de cada Escuela	2
Miembro de cada Comisión Curricular de las Escuelas	1
Jefe de Laboratorio de Investigación o Docencia	4
Jefe de Sección, Coordinador de Área o Coordinador de Grupo de Investigación	4
Coordinador de Registros Estudiantiles	30
Coordinador de Inscripciones de cada Escuela	4
Coordinador de la Comisión de Biblioteca de la Facultad	4
Representante de cada Escuela ante la Comisión de Biblioteca	2
Coordinador de la Unidad de Asesoría, Proyectos e Innovación Tecnológica (UAPIT)	30
Representante de cada Escuela ante la UAPIT	2
Coordinador de la Oficina de Relaciones Institucionales (ORI)	20
Coordinador de Pasantías de la Facultad	8
Coordinador de Pasantías de cada Escuela	4
Miembros de la Comisión de Pasantías de cada Escuela	2
Coordinador de Cultura y Extensión de la Facultad	3
Coordinador de la Unidad de Servicios Tecnológicos Educativos (USTED-FI)	20
Coordinador de Mantenimiento de la Facultad	15
Coordinador de Comisión de Proyectos de Grado	3

Tabla B.3: Valoración de los cargos administrativos según Acta Convenio.

Cargos administrativos	Horas sem
Consultor jurídico de Núcleo	12
Coordinador de Planificación	12
Coordinador de Investigación de Facultad	6
Coordinador de Postgrado de Facultad	20
Coordinador de Cultura y Ext. de Facultad	3
Coordinador de Deportes de Facultad	3
Coordinador de Unidad de Apoyo Docente	3
Coord. de Comisión Curricular de Fac. o Núcleo	6
Coord. de Comisión Curricular de Escuela	1
Miembro de Comisión Curricular de Escuela	1
Coordinador de Comisión Curricular Central	3
Coord. Comisión Curricular Central de la ULA	6
Coordinador de Comisión Curricular de Escuela	1
Miembro de Comisión Curricular de Escuela	1
Coordinador de Comisión Curricular Central	3
Coordinador PINA de Facultad	12
Coordinador de Proyectos, Maestría o Doctorado	12
Miembro del Comité de Investigación	2
Coordinador de la Comisión Central del Ambiente	6
Miembro de la Comisión del Ambiente de Fac.	3
Representante de la Facultad ante el CDCHT	6
Jefe de Laboratorio	4
Coordinador de Área o Grupo de Investigación	4
Coordinador de Registros Estudiantiles	30
Coordinador de Inscripciones	4
Coord. Comisión de Biblioteca de Facultad	4
Coordinador de UAPIT	30
Coord. ORI de la Facultad	12
Coordinador de Pasantías de Facultad	8
Coordinador de Pasantías de Escuela	4
Miembro de la Comisión de Pasantías de Escuela	2
Coord. Unidad de Servicios Tecnológicos Educativos	12
Coordinador de Mantenimiento de Facultad	15
Jefe de Departamento	12

Tabla B.4: Valoración de carga administrativa incorporada en el Acta Convenio.

## Apéndice C

# Tablas de incidencias del análisis de informes de actividades

Incidencias	Departamentos					
	Sist. de Control		Computación		Inv. de Oper.	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Ausencia de Porcentaje de participación en Otras actividades de docencia	9	81,8 %	12	92,3 %	2	16,7 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Investigación	9	81,8 %	12	92,3 %	2	16,7 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Extensión	11	100,0 %	12	92,3 %	2	16,7 %
Formato incorrecto en valores porcentuales	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Sobreescritura de fórmulas	0	0,0 %	2	15,4 %	1	8,3 %
Uso incorrecto de NSA	0	0,0 %	2	15,4 %	1	8,3 %
Uso Incorrecto de NS	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Errores en sumas de actividades	1	9,1 %	3	23,1 %	3	25,0 %
Uso incorrecto de FPHT	0	0,0 %	1	7,7 %	0	0,0 %
Ausencia de columna de FPHT	11	100,0 %	11	84,6 %	2	16,7 %
Ausencia de la columna Número de estudiantes	11	100,0 %	12	92,3 %	2	16,7 %
Visualización de texto incompleto en actividades	0	0,0 %	3	23,1 %	1	8,3 %
Actividad en apartado no correspondiente	2	18,2 %	0	0,0 %	1	8,3 %
Uso Incorrecto de la columna SEC	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Uso incorrecto de HS en Docencia	0	0,0 %	2	15,4 %	0	0,0 %
Total de profesores	11	-	13	-	12	-
Total de detalles	54	-	72	-	17	-
Promedio de detalles por profesor	4,9	-	5,5	-	1,4	-

Tabla C.1: Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2013.

Incidencias	Departamentos					
	Sist. de Control		Computación		Inv. de Oper.	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Ausencia de Porcentaje de participación en Otras actividades de docencia	10	90,9 %	11	100,0 %	3	25,0 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Investigación	10	90,9 %	11	100,0 %	3	25,0 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Extensión	11	100,0 %	11	100,0 %	3	25,0 %
Formato incorrecto en valores porcentuales	3	27,3 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Sobreescritura de fórmulas	0	0,0 %	2	18,2 %	3	25,0 %
Uso incorrecto de NSA	1	9,1 %	3	27,3 %	0	0,0 %
Uso Incorrecto de NS	1	9,1 %	2	18,2 %	1	8,3 %
Errores en sumas de actividades	1	9,1 %	2	18,2 %	4	33,3 %
Uso incorrecto de FPHT	0	0,0 %	0	0,0 %	2	16,7 %
Ausencia de columna de FPHT	10	90,9 %	11	100,0 %	3	25,0 %
Ausencia de la columna Número de estudiantes	10	90,9 %	11	100,0 %	3	25,0 %
Visualización de texto incompleto en actividades	0	0,0 %	1	9,1 %	0	0,0 %
Actividad en apartado no correspondiente	2	18,2 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Uso Incorrecto de la columna SEC	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Uso incorrecto de HS en Docencia	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Total de profesores	11	-	11	-	12	-
Total de incidencias	59	-	65	-	25	-
Promedio de incidencias por profesor	5,4	-	5,9	-	2,1	-

Tabla C.2: Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2012.

Incidencias	Departamentos					
	Sist. de Control		Computación		Inv. de Oper.	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Ausencia de Porcentaje de participación en Otras actividades de docencia	8	72,7 %	15	93,8 %	4	26,7 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Investigación	8	72,7 %	15	93,8 %	4	26,7 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Extensión	10	90,9 %	15	93,8 %	4	26,7 %
Formato incorrecto en valores porcentuales	2	18,2 %	1	6,3 %	0	0,0 %
Sobreescritura de fórmulas	0	0,0 %	2	12,5 %	1	6,7 %
Uso incorrecto de NSA	2	18,2 %	3	18,8 %	1	6,7 %
Uso Incorrecto de NS	0	0,0 %	1	6,3 %	0	0,0 %
Errores en sumas de actividades	1	9,1 %	1	6,3 %	3	20,0 %
Uso incorrecto de FPHT	0	0,0 %	2	12,5 %	1	6,7 %
Ausencia de columna de FPHT	10	90,9 %	14	87,5 %	4	26,7 %
Ausencia de la columna Número de estudiantes	10	90,9 %	15	93,8 %	4	26,7 %
Visualización de texto incompleto en actividades	1	9,1 %	3	18,8 %	1	6,7 %
Actividad en apartado no correspondiente	2	18,2 %	2	12,5 %	0	0,0 %
Uso Incorrecto de la columna SEC	1	9,1 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Uso incorrecto de HS en Docencia	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Total de profesores	11	-	16	-	15	-
Total de incidencias	55	-	89	-	26	-
Promedio de incidencias por profesor	5,0	-	5,6	-	1,7	-

Tabla C.3: Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2011.

Incidencias	Departamentos					
	Sist. de Control		Computación		Inv. de Oper.	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Ausencia de Porcentaje de participación en Otras actividades de docencia	9	69,2 %	15	93,8 %	5	31,3 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Investigación	9	69,2 %	15	93,8 %	5	31,3 %
Ausencia de Porcentaje de participación en Extensión	13	100,0 %	15	93,8 %	5	31,3 %
Formato incorrecto en valores porcentuales	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Sobreescritura de fórmulas	0	0,0 %	2	12,5 %	0	0,0 %
Uso incorrecto de NSA	1	7,7 %	1	6,3 %	0	0,0 %
Uso Incorrecto de NS	1	7,7 %	1	6,3 %	0	0,0 %
Errores en sumas de actividades	1	7,7 %	3	18,8 %	1	6,3 %
Uso incorrecto de FPHT	1	7,7 %	0	0,0 %	1	6,3 %
Ausencia de columna de FPHT	13	100,0 %	15	93,8 %	5	31,3 %
Ausencia de la columna Número de estudiantes	13	100,0 %	15	93,8 %	5	31,3 %
Visualización de texto incompleto en actividades	0	0,0 %	4	25,0 %	1	6,3 %
Actividad en apartado no correspondiente	2	15,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Uso Incorrecto de la columna SEC	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Uso incorrecto de HS en Docencia	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %
Total de profesores	13	-	16	-	16	-
Total de detalles	63	-	86	-	28	-
Promedio de detalles por profesor	4,8	-	5,4	-	1,8	-

Tabla C.4: Tabla de incidencias. Porcentajes. Año 2010.



## Apéndice D

# Reglas del sistema de inferencia difuso

Tabla D.1: Reglas del sistema. Parte 1.

I1	I2	I3	I4	Prioridad	I1	I2	I3	I4	Prioridad
Bajo	Bajo	Alto	Alto	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Muy baja
Bajo	Bajo	Muy alto	Bajo	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Bajo	Bajo	Muy baja
Bajo	Bajo	Muy alto	Moderado	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Bajo	Muy alto	Alto	Baja	Moderado	Muy bajo	Bajo	Alto	Muy baja
Bajo	Moderado	Muy bajo	Bajo	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Moderado	Bajo	Muy baja
Bajo	Moderado	Muy bajo	Moderado	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Moderado	Moderado	Muy baja
Bajo	Moderado	Muy bajo	Alto	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Moderado	Alto	Baja
Bajo	Moderado	Bajo	Bajo	Baja	Moderado	Muy bajo	Alto	Bajo	Baja
Bajo	Moderado	Bajo	Moderado	Baja	Moderado	Muy bajo	Alto	Moderado	Muy baja
Bajo	Moderado	Bajo	Alto	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Alto	Alto	Muy baja
Bajo	Moderado	Moderado	Bajo	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Muy alto	Bajo	Baja
Bajo	Moderado	Moderado	Moderado	Baja	Moderado	Muy bajo	Muy alto	Moderado	Baja
Bajo	Moderado	Moderado	Alto	Baja	Moderado	Muy bajo	Muy alto	Alto	Baja
Bajo	Moderado	Alto	Bajo	Baja	Moderado	Bajo	Muy bajo	Bajo	Muy baja
Bajo	Moderado	Alto	Moderado	Muy baja	Moderado	Bajo	Muy bajo	Moderado	Baja
Bajo	Moderado	Alto	Alto	Baja	Moderado	Bajo	Muy bajo	Alto	Baja
Bajo	Moderado	Muy alto	Bajo	Baja	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Baja
Bajo	Moderado	Muy alto	Moderado	Baja	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Moderado	Muy alto	Alto	Baja	Moderado	Bajo	Bajo	Alto	Baja
Bajo	Moderado	Muy alto	Moderado	Baja	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Alto	Muy bajo	Bajo	Baja	Moderado	Bajo	Moderado	Bajo	Baja
Bajo	Alto	Muy bajo	Moderado	Baja	Moderado	Bajo	Moderado	Moderado	Baja
Bajo	Alto	Muy bajo	Alto	Baja	Moderado	Bajo	Moderado	Alto	Baja
Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Baja	Moderado	Bajo	Alto	Bajo	Media
Bajo	Alto	Bajo	Moderado	Media	Moderado	Bajo	Alto	Moderado	Muy baja
Bajo	Alto	Bajo	Alto	Minima	Moderado	Bajo	Alto	Alto	Muy baja
Bajo	Alto	Moderado	Bajo	Minima	Moderado	Bajo	Muy alto	Bajo	Muy baja
Bajo	Alto	Moderado	Moderado	Muy baja	Moderado	Bajo	Muy alto	Moderado	Baja
Bajo	Alto	Moderado	Alto	Muy baja	Moderado	Bajo	Muy alto	Alto	Baja
Bajo	Alto	Muy alto	Bajo	Muy baja	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Alto	Muy alto	Moderado	Muy baja	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Alto	Muy alto	Alto	Baja	Moderado	Bajo	Bajo	Alto	Baja
Bajo	Alto	Muy alto	Moderado	Baja	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Alto	Muy alto	Alto	Baja	Moderado	Bajo	Bajo	Alto	Muy baja
Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Muy baja
Bajo	Muy alto	Muy bajo	Moderado	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Moderado	Moderado	Baja
Bajo	Muy alto	Muy bajo	Alto	Muy baja	Moderado	Muy bajo	Moderado	Alto	Baja
Bajo	Muy alto	Bajo	Bajo	Baja	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Baja
Bajo	Muy alto	Bajo	Moderado	Baja	Moderado	Moderado	Alto	Moderado	Baja
Bajo	Muy alto	Bajo	Alto	Muy baja	Moderado	Moderado	Bajo	Alto	Baja
Bajo	Muy alto	Moderado	Bajo	Muy baja	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Muy alto	Moderado	Moderado	Baja	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado	Baja
Bajo	Muy alto	Moderado	Alto	Baja	Moderado	Moderado	Muy alto	Moderado	Baja
Bajo	Muy alto	Moderado	Moderado	Baja	Moderado	Moderado	Muy alto	Moderado	Baja
Bajo	Muy alto	Moderado	Alto	Baja	Moderado	Moderado	Muy alto	Alto	Media
Bajo	Muy alto	Alto	Bajo	Baja	Moderado	Alto	Muy bajo	Bajo	Baja
Bajo	Muy alto	Alto	Moderado	Baja	Moderado	Alto	Muy bajo	Moderado	Baja
Bajo	Muy alto	Alto	Alto	Muy baja	Moderado	Alto	Alto	Alto	Baja
Bajo	Muy alto	Muy alto	Bajo	Baja	Moderado	Alto	Bajo	Bajo	Media
Bajo	Muy alto	Muy alto	Moderado	Baja	Moderado	Alto	Bajo	Moderado	Media
Moderado	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Minima	Moderado	Alto	Bajo	Alto	Muy baja
Moderado	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Muy baja	Moderado	Alto	Moderado	Bajo	Muy baja

Tabla D.2: Reglas del sistema. Parte 2.

I1	I2	I3	I4	Prioridad	I1	I2	I3	I4	Prioridad
Moderado	Alto	Moderado	Moderado	Baja	Alto	Bajo	Muy alto	Moderado	Baja
Moderado	Alto	Moderado	Alto	Baja	Alto	Bajo	Muy alto	Alto	Baja
Moderado	Alto	Alto	Bajo	Baja	Alto	Moderado	Muy bajo	Bajo	Muy baja
Moderado	Alto	Alto	Moderado	Muy baja	Alto	Moderado	Muy bajo	Moderado	Baja
Moderado	Alto	Alto	Alto	Baja	Alto	Moderado	Muy bajo	Alto	Baja
Moderado	Alto	Muy alto	Bajo	Baja	Alto	Moderado	Bajo	Bajo	Baja
Moderado	Alto	Muy alto	Moderado	Baja	Alto	Moderado	Bajo	Moderado	Baja
Moderado	Alto	Muy alto	Alto	Baja	Alto	Moderado	Bajo	Alto	Baja
Moderado	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Baja	Alto	Moderado	Moderado	Bajo	Baja
Moderado	Muy alto	Muy bajo	Moderado	Baja	Alto	Moderado	Moderado	Moderado	Baja
Moderado	Muy alto	Muy bajo	Alto	Baja	Alto	Moderado	Moderado	Alto	Baja
Moderado	Muy alto	Bajo	Bajo	Baja	Alto	Moderado	Alto	Bajo	Media
Moderado	Muy alto	Bajo	Moderado	Media	Alto	Moderado	Alto	Moderado	Baja
Moderado	Muy alto	Bajo	Alto	Baja	Alto	Moderado	Alto	Alto	Baja
Moderado	Muy alto	Moderado	Bajo	Baja	Alto	Moderado	Muy alto	Bajo	Baja
Moderado	Muy alto	Moderado	Moderado	Baja	Alto	Moderado	Muy alto	Moderado	Media
Moderado	Muy alto	Moderado	Alto	Media	Alto	Moderado	Muy alto	Alto	Media
Moderado	Muy alto	Alto	Bajo	Media	Alto	Alto	Muy bajo	Bajo	Baja
Moderado	Muy alto	Alto	Moderado	Baja	Alto	Alto	Muy bajo	Moderado	Baja
Moderado	Muy alto	Alto	Alto	Baja	Alto	Alto	Muy bajo	Alto	Media
Moderado	Muy alto	Muy alto	Bajo	Media	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Media
Moderado	Muy alto	Muy alto	Moderado	Media	Alto	Alto	Bajo	Moderado	Media
Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy baja	Alto	Alto	Bajo	Alto	Muy baja
Alto	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Baja	Alto	Alto	Moderado	Bajo	Baja
Alto	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Baja	Alto	Alto	Moderado	Moderado	Baja
Alto	Muy bajo	Bajo	Bajo	Baja	Alto	Alto	Moderado	Alto	Baja
Alto	Muy bajo	Bajo	Moderado	Baja	Alto	Alto	Alto	Bajo	Baja
Alto	Muy bajo	Bajo	Alto	Baja	Alto	Alto	Alto	Moderado	Baja
Alto	Muy bajo	Moderado	Bajo	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto	Baja
Alto	Muy bajo	Moderado	Moderado	Baja	Alto	Alto	Muy alto	Bajo	Baja
Alto	Muy bajo	Moderado	Alto	Baja	Alto	Alto	Muy alto	Moderado	Baja
Alto	Muy bajo	Alto	Bajo	Media	Alto	Alto	Muy alto	Alto	Media
Alto	Muy bajo	Alto	Moderado	Baja	Alto	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Baja
Alto	Muy bajo	Alto	Alto	Baja	Alto	Muy alto	Muy bajo	Moderado	Baja
Alto	Muy bajo	Muy alto	Bajo	Baja	Alto	Muy alto	Muy bajo	Alto	Baja
Alto	Muy bajo	Muy alto	Moderado	Media	Alto	Muy alto	Bajo	Bajo	Media
Alto	Muy bajo	Muy alto	Alto	Media	Alto	Muy alto	Bajo	Moderado	Media
Alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	Baja	Alto	Muy alto	Bajo	Alto	Baja
Alto	Bajo	Muy bajo	Moderado	Baja	Alto	Muy alto	Moderado	Bajo	Baja
Alto	Bajo	Muy bajo	Alto	Media	Alto	Muy alto	Moderado	Moderado	Media
Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Media	Alto	Muy alto	Moderado	Alto	Media
Alto	Bajo	Bajo	Moderado	Media	Alto	Muy alto	Alto	Bajo	Media
Alto	Bajo	Bajo	Alto	Baja	Alto	Muy alto	Alto	Moderado	Baja
Alto	Bajo	Moderado	Bajo	Media	Alto	Muy alto	Alto	Alto	Media
Alto	Bajo	Moderado	Moderado	Media	Alto	Muy alto	Muy alto	Bajo	Media
Alto	Bajo	Moderado	Alto	Media	Alto	Muy alto	Muy alto	Moderado	Media
Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alta	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Baja
Alto	Bajo	Alto	Moderado	Muy baja	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Baja
Alto	Bajo	Alto	Alto	Muy baja	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Baja
Alto	Bajo	Muy alto	Bajo	Baja	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Baja
Alto	Bajo	Muy alto	Bajo	Baja	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo	Baja

Tabla D.3: Reglas del sistema. Parte 3.

I1	I2	I3	I4	Prioridad	I1	I2	I3	I4	Prioridad
Muy alto	Muy bajo	Bajo	Moderado	Media	Muy alto	Moderado	Alto	Bajo	Alta
Muy alto	Muy bajo	Bajo	Alto	Baja	Muy alto	Moderado	Alto	Moderado	Media
Muy alto	Muy bajo	Moderado	Bajo	Baja	Muy alto	Moderado	Alto	Alto	Media
Muy alto	Muy bajo	Moderado	Moderado	Baja	Muy alto	Moderado	Muy alto	Bajo	Media
Muy alto	Muy bajo	Moderado	Alto	Media	Muy alto	Moderado	Muy alto	Moderado	Alta
Muy alto	Muy bajo	Alto	Bajo	Media	Muy alto	Moderado	Muy alto	Alto	Alta
Muy alto	Muy bajo	Alto	Moderado	Baja	Muy alto	Alto	Muy bajo	Bajo	Media
Muy alto	Muy bajo	Alto	Alto	Baja	Muy alto	Alto	Muy bajo	Moderado	Media
Muy alto	Muy bajo	Muy alto	Bajo	Media	Muy alto	Alto	Muy bajo	Alto	Alta
Muy alto	Muy bajo	Muy alto	Moderado	Media	Muy alto	Alto	Bajo	Bajo	Alta
Muy alto	Muy bajo	Muy alto	Alto	Media	Muy alto	Alto	Bajo	Moderado	Alta
Muy alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	Baja	Muy alto	Alto	Bajo	Alto	Baja
Muy alto	Bajo	Muy bajo	Moderado	Media	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Baja
Muy alto	Bajo	Muy bajo	Alto	Media	Muy alto	Alto	Moderado	Moderado	Media
Muy alto	Bajo	Bajo	Bajo	Media	Muy alto	Alto	Moderado	Alto	Media
Muy alto	Bajo	Bajo	Moderado	Alta	Muy alto	Alto	Alto	Bajo	Media
Muy alto	Bajo	Bajo	Alto	Media	Muy alto	Alto	Alto	Moderado	Baja
Muy alto	Bajo	Moderado	Bajo	Media	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Media
Muy alto	Bajo	Moderado	Moderado	Media	Muy alto	Alto	Muy alto	Bajo	Media
Muy alto	Bajo	Moderado	Alto	Alta	Muy alto	Alto	Muy alto	Moderado	Media
Muy alto	Bajo	Alto	Bajo	Alta	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto	Alta
Muy alto	Bajo	Alto	Moderado	Baja	Muy alto	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Media
Muy alto	Bajo	Alto	Alto	Baja	Muy alto	Muy alto	Muy bajo	Moderado	Media
Muy alto	Bajo	Muy alto	Bajo	Baja	Muy alto	Muy alto	Muy bajo	Alto	Media
Muy alto	Bajo	Muy alto	Moderado	Media	Muy alto	Muy alto	Bajo	Bajo	Alta
Muy alto	Bajo	Muy alto	Alto	Media	Muy alto	Muy alto	Bajo	Moderado	Alta
Muy alto	Bajo	Muy alto	Bajo	Media	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Alto	Alta
Muy alto	Moderado	Muy bajo	Bajo	Baja	Muy alto	Muy alto	Bajo	Alto	Media
Muy alto	Moderado	Muy bajo	Moderado	Baja	Muy alto	Muy alto	Moderado	Bajo	Media
Muy alto	Moderado	Muy bajo	Alto	Media	Muy alto	Muy alto	Moderado	Moderado	Alta
Muy alto	Moderado	Bajo	Bajo	Media	Muy alto	Muy alto	Moderado	Alto	Alta
Muy alto	Moderado	Bajo	Moderado	Media	Muy alto	Muy alto	Alto	Bajo	Alta
Muy alto	Moderado	Bajo	Alto	Baja	Muy alto	Muy alto	Alto	Moderado	Media
Muy alto	Moderado	Moderado	Bajo	Media	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto	Alta
Muy alto	Moderado	Moderado	Moderado	Media	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Bajo	Alta
Muy alto	Moderado	Moderado	Alto	Media	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Moderado	Alta

Tabla D.4: Reglas del sistema. Parte 4.

## Apéndice E

### Enlaces a archivos

Archivo	Enlace
Código de procesamiento en R	<a href="https://www.dropbox.com/s/4iwyefsyeqj7cy8/procesamiento.R?dl=0">https://www.dropbox.com/s/4iwyefsyeqj7cy8/procesamiento.R?dl=0</a>
Código del Sistema de Inferencia Difuso tipo Mamdani en Matlab®	<a href="https://www.dropbox.com/s/l129b5q0hde9c5p/mamdani.m?dl=0">https://www.dropbox.com/s/l129b5q0hde9c5p/mamdani.m?dl=0</a>
Código del Sistema de Inferencia Difuso tipo Sugeno en Matlab®	<a href="https://www.dropbox.com/s/z0zyt1dutkvsg0j/sugeno.m?dl=0">https://www.dropbox.com/s/z0zyt1dutkvsg0j/sugeno.m?dl=0</a>
Archivo ACTIVIDADES.CSV	<a href="https://www.dropbox.com/s/ykn63n3t0kx5mnk/ACTIVIDADES.csv?dl=0">https://www.dropbox.com/s/ykn63n3t0kx5mnk/ACTIVIDADES.csv?dl=0</a>
Archivo MATERIAS.CSV	<a href="https://www.dropbox.com/s/3tznmwf6etq0m9r/MATERIAS.csv?dl=0">https://www.dropbox.com/s/3tznmwf6etq0m9r/MATERIAS.csv?dl=0</a>
Archivo PROFESORES.CSV	<a href="https://www.dropbox.com/s/mr8qs07dpevxeqf/PROFESORES.csv?dl=0">https://www.dropbox.com/s/mr8qs07dpevxeqf/PROFESORES.csv?dl=0</a>
Archivo INSCRITOS.CSV	<a href="https://www.dropbox.com/s/7npoj7qr9sw54n9/INSCRITOS.csv?dl=0">https://www.dropbox.com/s/7npoj7qr9sw54n9/INSCRITOS.csv?dl=0</a>

Tabla E.1: Enlaces a los códigos de R y Matlab®

procesamiento.R	mamdani.m	sugeno.m	ACTIVIDADES.CSV
			
MATERIAS.CSV	PROFESORES.CSV	INSCRITOS.CSV	
			

Tabla E.2: Enlaces a los códigos de R y Matlab® en formato QR.