

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

**HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE PERFILES DE
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA UTILIZANDO
LÓGICA DIFUSA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

MINGA BECERRA PEDRO VICENTE
pminga1976@yahoo.es

MORA TERÁN GALO RENÁN
galo.mora@gmail.com

DIRECTOR: DOCTOR HUGO BANDA
hbanda@ieee.org

Quito, Abril de 2008

DECLARACIÓN

Nosotros, Pedro Vicente Minga Becerra y Galo Renán Mora Terán, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Pedro Minga

Galo Mora

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pedro Vicente Minga Becerra y Galo Renán Mora Terán, bajo mi supervisión.

Doctor Hugo Banda
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mis padres que me apoyaron siempre en la consecución de mis estudios y de este trabajo.

A los miembros del tribunal, Ing. Diego Saa e Ing. María Hallo, por su ayuda y comprensión.

Al Dr. Hugo Banda por la dirección y apoyo en la realización de este proyecto.

A los amigos de la EPN, los que ya se fueron y los que siguen la lucha. A la mítica facultad de Turismo.

Al Simpson, al 696, al Taza Traba, a los árabes, al Hindú, al Classic, al Viejo, por su colaboración siempre.

A los compañeros y amigos de la AEIS 2005 y AEIS 2007

Al Chank y su máquina de cosmos.

Galo Mora T.

Agradezco a toda mi familia que con su desinteresada colaboración supieron darme valor para poder culminar esta meta propuesta.

A mis amigos gracias ya que ellos alentaron en mi los deseos de esfuerzo y superación.

Pedro Minga B.

DEDICATORIA

*A mi madre, Gloria Terán
A mis hermanos y amigos*

Galo Mora T.

*A mis padres, quienes con nobleza
y entusiasmo han depositado en mí,
su apoyo y confianza.*

Pedro Minga B.

INDICE

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. LA LÓGICA DIFUSA	1
1.1.1. Definición de Lógica Difusa.....	1
1.1.2. Incertidumbres	2
1.1.3. Conjuntos Difusos (Fuzzy Sets)	2
1.1.3.1. Definición	2
1.1.3.2. Función de Membresía	4
1.1.3.3. Tipos Básicos de Conjuntos Difusos y Funciones de Membresía.....	5
1.1.3.3.1. Conjuntos Difusos Ordinarios	6
1.1.3.3.2. Conjuntos Difusos Valorados en Intervalos	6
1.1.3.3.3. Conjuntos Difusos Potencia	7
1.1.3.4. Propiedades de los Conjuntos Difusos	8
1.1.3.4.1. Altura de un Conjunto Difuso	8
1.1.3.4.2. Normalización	8
1.1.3.4.3. Alpha Cut (α -cut).....	8
1.1.3.4.4. Soporte de un Conjunto Difuso	9
1.1.3.4.5. Núcleo de un Conjunto Difuso	10
1.1.3.4.6. Convexidad o Concavidad de un Conjunto Difuso	10
1.1.3.4.7. Cardinalidad de un Conjunto Difuso	11
1.1.4. Operaciones y Relaciones entre Conjuntos Difusos.....	11
1.1.4.1. Operaciones Unarias.....	11
1.1.4.1.1. Normalización	11
1.1.4.1.2. Concentración.....	12
1.1.4.1.3. Dilatación	12
1.1.4.1.4. Intensificación del Contraste	12
1.1.4.1.5. Difuminación	12
1.1.4.2. Relaciones entre Conjuntos Difusos.....	12
1.1.4.2.1. Igualdad	12
1.1.4.2.2. Inclusión	13
1.1.4.2.3. Inclusión Difusa.....	13
1.1.4.3. Operaciones Binarias sobre Conjuntos Difusos	13
1.1.4.3.1. Complemento	13
1.1.4.3.2. Unión e Intersección.....	13
1.1.5. Etiquetas Lingüísticas y Operadores	14
1.1.5.1. Variables Lingüísticas	14
1.1.5.2. Gramáticas	15
1.1.5.3. Operadores.....	16
1.1.5.4. Variables Difusas.....	16
1.1.6. Aplicaciones	17
1.1.6.1. Sistemas Expertos Difusos. Razonamiento aproximado.	17
1.1.6.2. Controladores Difusos	19
1.1.6.3. Redes Neuronales Difusas	20
1.1.6.4. Reconocimiento de Patrones	21
1.1.6.5. Toma de Decisiones utilizando Lógica Difusa (Fuzzy Decision Making).....	22
1.1.6.5.1. Toma de Decisiones Individual (Individual Decision Making)	23
1.1.6.5.2. Toma de Decisiones por Múltiples Personas (Multiperson Decision Making).....	23

1.1.6.5.3. Toma de Decisiones de Múltiples Criterios (Multicriteria Decision Making).....	23
1.1.6.6. Agentes del Conocimiento, agentes cognitivos y reactivos.	24
1.2. TOMA DE DECISIONES UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA (FUZZY DECISION MAKING).....	25
1.2.1. Operadores de Agregación	25
1.2.1.1. Definición de Operador de Agregación.....	25
1.2.1.2. Propiedades de un Operador de Agregación	26
1.2.1.2.1. Propiedades Matemáticas	26
1.2.1.2.1.1. Condiciones de Límite o Frontera	26
1.2.1.2.1.2. Monotonía.....	26
1.2.1.2.1.3. Continuidad	27
1.2.1.2.1.4. Asociatividad	27
1.2.1.2.1.5. Simetría.....	27
1.2.1.2.1.6. Bisimetría	27
1.2.1.2.1.7. Elemento Absorbente	28
1.2.1.2.1.8. Elemento Neutral	28
1.2.1.2.1.9. Idempotencia	29
1.2.1.2.1.10. Compensación	29
1.2.1.2.2. Propiedades Conductuales.....	29
1.2.1.2.2.1. Conducta de Decisión.....	29
1.2.1.2.2.2. Pesos de los Argumentos.....	29
1.2.1.3. Operadores Básicos	29
1.2.1.3.1. La Media Aritmética.....	30
1.2.1.3.2. La Media Geométrica	30
1.2.1.3.3. La Mediana	30
1.2.1.3.4. El Mínimo y el Máximo	31
1.2.2. Programación Difusa	32
1.2.3. Problemas de Decisión Multicriterio.....	35
1.2.3.1. Esquema Metodológico del AHP.....	38
1.2.3.1.1. Estructura del Modelo Jerárquico.....	39
1.2.3.1.1.1. Identificar el Problema	40
1.2.3.1.1.2. Definir Objetivos	40
1.2.3.1.1.3. Identificar Criterios.....	40
1.2.3.1.1.4. Identificar de Alternativas	40
1.2.3.1.2. Selección de la Medida.....	41
1.2.3.1.2.1. La Medida Relativa	41
1.2.3.1.2.2. La Medida Absoluta	41
1.2.3.1.3. Evaluación del Modelo.....	42
1.2.3.1.3.1. Establecimiento de la Prioridades	42
1.2.3.1.3.2. Emisión de los Juicios y las Evaluaciones.....	42
1.2.3.1.4. Resultado Final	45
1.2.3.1.4.1. Síntesis.....	45
1.2.3.1.4.2. Análisis de Sensibilidad	45
1.2.4. Metodologías de Justificación	46
1.2.5. Números Triangulares Difusos (TFN).....	47
1.2.6. Modelo de Flujo de Caja Difuso.....	48
1.2.7. Marco Conceptual para la Resolución de Problemas de Decisión Multicriterio.....	49

1.2.7.1.	Estructura del Marco Conceptual	49
1.2.7.2.	Métodos para la obtención de resultados finales	54
1.2.7.2.1.	El Método de Chen	55
1.2.7.2.2.	El método de Kaufmann y Gupta	55
1.2.7.2.3.	El método de Chui y Chan.....	56
1.3.	PROCESO PARA LA EVALUACIÓN DE PERFILES DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	56
1.3.1.	Descripción del proceso.....	56
1.3.2.	Variables y parámetros que intervienen	57
1.3.2.1.	Consistencia y Objetivos	59
1.3.2.2.	Impacto Potencial	60
1.3.2.3.	Equipo de Investigación	61
1.3.2.4.	Gestión del Proyecto y Plan de Ejecución.....	62
1.3.2.5.	Sostenibilidad del Proyecto y Transferencia de Resultados.....	62
1.3.3.	Criterios de Evaluación	64
1.3.3.1.	Determinación de los criterios/objetivos para la evaluación de los proyectos de investigación científica.....	65
1.3.3.1.1.	Niveles de jerarquía de los criterios de evaluación de proyectos	68
1.3.3.1.1.1.	Meta	68
1.3.3.1.1.2.	Aspectos	68
1.3.3.1.1.3.	Objetivos.....	68
1.3.3.1.1.4.	Criterios	69
1.3.3.1.2.	Definición de los criterios de evaluación específicos.....	69
1.3.3.1.2.1.	Aspecto: Consistencia y Objetivos	69
1.3.3.1.2.2.	Aspecto: Impacto potencial	70
1.3.3.1.2.3.	Aspecto: Equipo de investigación	71
1.3.3.1.2.4.	Aspecto: Gestión de Proyecto y Plan de Ejecución.....	71
1.3.3.1.2.5.	Aspecto: Sostenibilidad del Proyecto y Transferencia de Resultados	72
1.3.4.	Proceso de Selección	75
1.4.	RUP COMO METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.....	76
CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE PERFILES DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA		78
2.1.	REQUERIMIENTOS.....	78
2.1.1.	Concepción	78
2.1.2.	Propósito.....	80
2.1.3.	Alcance del producto	81
2.1.4.	Identificación del producto mediante un nombre	81
2.1.5.	Responsabilidades y Exclusiones	81
2.1.5.1.	Responsabilidades	81
2.1.5.2.	Exclusiones.....	82
2.1.6.	Aplicaciones del software. Beneficios, objetivos y metas.....	82
2.1.7.	Modelo del Negocio	83
2.1.8.	Modelo del Dominio.....	85
2.1.9.	Modelo de Casos de Uso del Dominio del Problema.....	89
2.1.9.1.	Diagrama de Casos de Uso 1: Verificar Parámetros / Criterios Evaluación ..	89
2.1.9.2.	Diagrama de Casos de Uso 2: Ingresar Valoraciones.....	90

2.1.9.3.	Diagrama de Casos de Uso 3: Consultar Resultados.....	91
2.1.9.4.	Diagrama de Casos de Uso 4: Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos	92
2.1.9.5.	Diagrama de Casos de Uso 5: Administración General	93
2.1.9.6.	Diagrama de Casos de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.....	93
2.1.9.7.	Diagrama de Casos de Uso 7: Procesar Evaluación	94
2.1.9.8.	Diagrama de Casos de Uso 8: Ingresar Información de Proyectos	95
2.1.10.	Prototipos de Pantallas	96
2.2.	ANÁLISIS	97
2.2.1.	Diagramas de clases de análisis.....	97
2.2.1.1.	Caso de Uso 1: Verificar Parámetros/ Criterios de Evaluacion.....	97
2.2.1.2.	Caso de Uso 2: Ingresar Valoraciones.....	97
2.2.1.3.	Caso de Uso 3: Consultar Resultados.....	99
2.2.1.4.	Caso de Uso 4: Administración Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos	100
2.2.1.5.	Caso de Uso 5: Administración General	103
2.2.1.6.	Caso de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.....	105
2.2.1.7.	Caso de Uso 7: Procesar Evaluación	106
2.2.1.8.	Caso de Uso 8: Ingresar Información Proyectos	106
2.2.2.	Diagramas de Colaboración.....	107
2.2.2.1.	Caso de Uso 1: Verificar Parámetros	107
2.2.2.2.	Caso de Uso 2: Ingresar Valoraciones.....	107
2.2.2.3.	Caso de Uso 3: Consultar Resultados.....	109
2.2.2.4.	Caso de Uso 4: Administración Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos	110
2.2.2.5.	Caso de Uso 5: Administración General	112
2.2.2.6.	Caso de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.....	113
2.2.2.7.	Caso de Uso 7: Procesar Evaluación	114
2.2.2.8.	Caso de Uso 8: Ingresar Información Proyectos	115
2.3.	DISEÑO.....	116
2.3.1.	Diagramas de Secuencia de Diseño.....	116
2.3.1.1.	Caso de Uso 1: Verificar Parámetros	116
2.3.1.2.	Caso de Uso 2: Ingresar Valoraciones.....	117
2.3.1.3.	Caso de Uso 3: Consultar Resultados.....	118
2.3.1.4.	Caso de Uso 4: Administración Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos	121
2.3.1.5.	Caso de Uso 5: Administración General	126
2.3.1.6.	Caso de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.....	131
2.3.1.7.	Caso de Uso 7: Procesar Evaluación	133
2.3.1.8.	Caso de Uso 8: Ingresar Información Proyectos	134
2.3.2.	Diagrama de Clases de Diseño	134
2.3.2.1.	DESCRIPCION.....	136
2.3.3.	Modelo Físico de la Base de Datos	139
2.3.4.	Diseño de Interfases.....	144
2.4.	CONSTRUCCIÓN	148
2.4.1.	Selección de las herramientas.....	148
2.4.1.1.	Herramientas Back-End.....	148
2.4.1.1.1.	SQL Server 2000 y 2005	149
2.4.1.1.2.	Oracle.....	149

2.4.1.1.3.	MySQL	150
2.4.1.2.	Herramientas Front-End	152
2.4.1.2.1.	Microsoft Visual Studio 6.0	153
2.4.1.2.2.	Microsoft Visual Studio .NET.....	153
2.4.1.2.3.	Java Version 5	154
2.4.1.3.	Frameworks para la Aplicación.....	155
2.4.1.3.1.	Spring	156
2.4.1.3.2.	J2EE.....	157
2.4.1.3.3.	Struts.....	158
2.4.1.4.	Justificación.....	159
2.4.1.4.1.	Back End	159
2.4.1.4.2.	Front End	160
2.4.2.	Implementación del Sistema.....	160
2.4.2.1.	Normativas de Implementación.....	160
2.4.2.2.	Estándares de Programación.....	161
2.4.2.3.	Diagramas de Componentes	164
2.4.2.3.1.	Diagrama de Paquetes	164
2.4.2.3.2.	Diagrama de Componentes.....	164
2.4.2.3.3.	Diagrama de Despliegue.....	165
2.5.	PRUEBAS	165
2.5.1.	Pruebas de Unidad	165
2.5.1.1.	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Evaluadores	165
2.5.1.2.	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Criterios de Evaluación	166
2.5.1.3.	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Objetivos de Evaluación	166
2.5.1.4.	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Aspectos de Evaluación	166
2.5.1.5.	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Escalas Relativas de Evaluación.....	167
2.5.1.6.	Caso de Prueba: Administración de Evaluaciones	167
2.5.1.7.	Caso de Prueba: Administración de Proyectos.....	167
2.5.1.8.	Caso de Prueba: Administración de Usuarios	168
2.5.1.9.	Caso de Prueba: Consulta de Evaluaciones.....	168
2.5.1.10.	Caso de Prueba: Ingreso de Valoraciones	168
2.5.1.11.	Caso de Prueba: Ejecución de Evaluación	169
2.5.1.12.	Caso de Prueba: Consulta de Resultados.....	169
2.5.2.	Pruebas de Integración.....	169
2.5.2.1.	Caso de Prueba: Integración entre los Frameworks Spring y Struts .	169
2.5.2.2.	Caso de Prueba: Conexión a la Base de Datos	170
2.5.3.	pruebas de validación	170
2.5.3.1.	Caso de Prueba: Revisión de Requerimientos.....	170
CAPITULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		171
3.1.	CONCLUSIONES	171
3.2.	RECOMENDACIONES	173
BIBLIOGRAFÍA		174
ANEXOS		177
ANEXO A. EVALUACION PRELIMINAR DEL SISTEMA		177

ANEXO B. PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA	178
ANEXO C. CÓDIGO FUENTE.....	178
ANEXO D. MANUAL DE USUARIO.....	178

INDICE DE IMÁGENES

Figura No. 1. Conjunto difuso valorado en intervalos	7
Figura No. 2. Conjunto Difuso de potencia 2.....	7
Figura No. 3. Corte Alfa y corte Alfa Rígido de un conjunto difuso	9
Figura No. 4. Conjunto Difuso Convexo.....	11
Figura No. 5. – Ejemplo de Conjuntos Fijos	17
Figura No. 6 – Ejemplo de Conjuntos Difusos.....	17
Figura No. 7. – Matriz Criterios vs Alternativas	37
Figura No. 8. – Estructura Jerárquica de AHP	39
Figura No. 9. – Gráfico de la función de pertenencia de un número triangular difuso.	48
Figura No. 10. - Estructura base de la jerarquía de los criterios/objetivos de evaluación...	67
Figura No. 11. – Jerarquía de los Criterios de Evaluación	73
Figura No. 12. – Jerarquía de los Criterios de Evaluación	83
Figura No. 13. – Modelo del Dominio	86
Figura No. 14. – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 1. Verificar Parámetros/Criterios de Evaluación	89
Figura No. 15 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones.....	90
Figura No. 16 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 3. Consultar Resultados.....	91
Figura No. 17 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos	92
Figura No. 18 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 5. Administración General	93
Figura No. 19 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles	93
Figura No. 20. – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación	94
Figura No. 21. – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 8. Ingresar Información de Proyectos	95
Figura No. 22. – Prototipo de Pantalla	96
Figura No. 23. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 1. Verificar Parámetros/Criterios de Evaluación	97
Figura No. 24. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones.....	98
Figura No. 25. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 3. Consultar Resultados.....	99
Figura No. 26. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos	101
Figura No. 27. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 5. Administración General	103
Figura No. 28. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles ...	105
Figura No. 29. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación	106
Figura No. 30. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 8. Ingresar Información Proyectos	106
Figura No. 31. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 1. Verificar parámetros	107
Figura No. 32. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones	108
Figura No. 33. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 3. Consultar Resultados	109
Figura No. 34. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos	110
Figura No. 35. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 5. Administración General ...	112
Figura No. 36. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles	113
Figura No. 37. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación.....	114
Figura No. 38. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 8. Ingresar Información Proyectos	115
Figura No. 39. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 1. Verificar parámetros.....	116

Figura No. 40. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones. Escenario Valoraciones Relativas	117
Figura No. 41. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones. Escenario Valoraciones por Proyecto.....	117
Figura No. 42. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 3. Consultar Resultados. Actor Administrador.....	118
Figura No. 43. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 3. Consultar Resultados. Actor Directivo	119
Figura No. 44. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 3. Consultar Resultados. Actor Evaluador.....	120
Figura No. 45. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluacion.....	121
Figura No. 46. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluacion - Evaluadores.....	122
Figura No. 47. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluacion - Proyectos.....	123
Figura No. 48. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluacion - Criterios	124
Figura No. 49. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluacion – Escala Relativa.....	125
Figura No. 50. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Evaluadores.....	126
Figura No. 51. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Aspectos.....	127
Figura No. 52. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Objetivos.....	128
Figura No. 53. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Criterios	129
Figura No. 54. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Escalas	130
Figura No. 55. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles. Escenario Usuarios	131
Figura No. 56. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles. Escenario Perfiles	132
Figura No. 57. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación	133
Figura No. 58. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 8. Ingresar Información Proyectos. 134	
Figura No. 59. – Diagrama de Clases de Diseño.....	135
Figura No. 60. – Modelo Físico de Base de Datos	139
Figura No. 61. – Encabezado de los Documentos HTML.....	145
Figura No. 62. – Pie de Página de los documentos HTML.....	145
Figura No. 63. – Menú Principal de los documentos HTML.....	146
Figura No. 64. – Menú Secundario en los documentos HTML	146
Figura No. 65. – Título de los documentos HTML.....	147
Figura No. 66. – Tablas de Formularios en los documentos HTML.....	147
Figura No. 67. – Tablas de Resultados de Búsqueda y Reportes en los documentos HTML 148	
Figura No. 68. – Mensajes en los documentos HTML.....	148
Figura No. 69. – Diagrama de Paquetes	164

Figura No. 70. – Diagrama de Componentes	164
Figura No. 71. – Diagrama de Despliegue	165

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Escala de Saaty (Matemático de la Universidad de Pennsylvania, creador del AHP).....	43
Tabla No. 2. Evaluación Relativa de Criterios	43
TABLA No. 3. Escala de Conversión Triangular Difusa.....	51
Tabla No. 4. Ponderación Original en el SENACYT de los parámetros de evaluación de proyectos de investigación.....	58
Tabla No. 5. Grupos que intervienen en la valoración de los criterios de evaluación	66
Tabla No. 6. Definición de los criterios de evaluación	75
Tabla No. 7. Diccionario de Actores del Modelo del Negocio	84
Tabla No. 8. Diccionario de Acciones del Modelo del Negocio.....	85
Tabla No. 9. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Aspecto.....	87
Tabla No. 10. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Objetivo.....	87
Tabla No. 11. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Criterio.....	87
Tabla No. 12. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Escala Relativa	87
Tabla No. 13. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Escala Criterio	87
Tabla No. 14. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Evaluador.....	88
Tabla No. 15. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Proyecto.....	88
Tabla No. 16. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Resultado.....	88
Tabla No. 17. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Peso Relativo.....	88
Tabla No. 18. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Evaluación.....	88
Tabla No. 19. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Fuzzy Appropriate Index	89
Tabla No. 20. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Valoración Proyecto Evaluación	89
Tabla No. 21. Caso de Uso 1. Verificar Parámetros/Criterios de Evaluación.....	90
Tabla No. 22. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones.....	91
Tabla No. 23. Caso de Uso 3. Consultar Resultados.....	91
Tabla No. 24. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos....	92
Tabla No. 25. Caso de Uso 5. Administración General	93
Tabla No. 26. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles	94
Tabla No. 27. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación	94
Tabla No. 28. Caso de Uso 8. Ingresar Información de Proyectos	95
Tabla No. 29. Elementos del prototipo de pantalla	96
Tabla No. 30. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 1.....	97
Tabla No. 31. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 2.....	99
Tabla No. 32. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 3.....	100
Tabla No. 33. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 4.....	102
Tabla No. 34. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 5.....	104
Tabla No. 35. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 6.....	105
Tabla No. 36. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 7.....	106
Tabla No. 37. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 8.....	107
Tabla No. 38. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 1.	107
Tabla No. 39. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 2.	109
Tabla No. 40. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 3.	110
Tabla No. 41. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 4.	111
Tabla No. 42. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 5.	113
Tabla No. 43. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 6.	114
Tabla No. 44. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 7.	114

Tabla No. 45. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 8.	115
Tabla No. 46. Métodos de la Clase Aspecto.....	136
Tabla No. 47. Métodos de la Clase Objetivo.....	136
Tabla No. 48. Métodos de la Clase Criterio.	136
Tabla No. 49. Métodos de la Clase Escala Relativa.....	137
Tabla No. 50. Métodos de la Clase Escala Criterio.....	137
Tabla No. 51. Métodos de la Clase Peso Relativo.	137
Tabla No. 52. Métodos de la Clase Evaluación.....	138
Tabla No. 53. Métodos de la Clase Fuzzy Appropriate Index.....	138
Tabla No. 54. Métodos de la Clase Valoración Proyecto Evaluación.....	138
Tabla No. 55. Métodos de la Clase Evaluador.	138
Tabla No. 56. Métodos de la Clase Proyecto.	138
Tabla No. 57. Métodos de la Clase Resultado.....	139
Tabla No. 58. Métodos de la Clase Numero Triangular Difuso.....	139
Tabla No. 59. Campos de la tabla de base de datos ASPECTO.....	139
Tabla No. 60. Campos de la tabla de base de datos ESCALA_RELATIVA.....	140
Tabla No. 61. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION.	140
Tabla No. 62. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION_ASPECTO.....	140
Tabla No. 63. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION_ESCALA.....	140
Tabla No. 64. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION_PROYECTO.	140
Tabla No. 65. Campos de la tabla de base de datos OBJETIVO.	140
Tabla No. 66. Campos de la tabla de base de datos PERFIL.	141
Tabla No. 67. Campos de la tabla de base de datos PROYECTO.	141
Tabla No. 68. Campos de la tabla de base de datos RESULTADO_EVALUACION.....	141
Tabla No. 69. Campos de la tabla de base de datos USUARIO.....	141
Tabla No. 70. Campos de la tabla de base de datos FAI.	142
Tabla No. 71. Campos de la tabla de base de datos DETALLE_ESCALA_RELATIVA.....	142
Tabla No. 72. Campos de la tabla de base de datos CRITERIO.	142
Tabla No. 73. Campos de la tabla de base de datos EVALUADOR.....	142
Tabla No. 74. Campos de la tabla de base de datos EVALUADOR_EVALUACION. ...	142
Tabla No. 75. Campos de la tabla de base de datos VALORACION_PROYECTO_EVALUACION.	143
Tabla No. 76. Campos de la tabla de base de datos ESCALA_CRITERIO.....	143
Tabla No. 77. Campos de la tabla de base de datos PESO_RELATIVO.....	143
Tabla No. 78. Campos de la tabla de base de datos ASPECTO_OBJETIVO.....	143
Tabla No. 79. Campos de la tabla de base de datos OBJETIVO_CRITERIO.....	144
Tabla No. 80. Propiedades visuales generales de los documentos HTML.....	144
Tabla No. 81. Propiedades Visuales del encabezado de los documentos HTML.	144
Tabla No. 82. Propiedades Visuales del pie de página de los documentos HTML.....	145
Tabla No. 83. Propiedades Visuales del menú principal de los documentos HTML.....	146
Tabla No. 84. Propiedades Visuales del menú secundario de los documentos HTML.....	146
Tabla No. 85. Propiedades Visuales del título de los documentos HTML.	147
Tabla No. 86. Propiedades Visuales del encabezado de los documentos HTML.	147
Tabla No. 87. Propiedades Visuales de las tablas de resultados de búsqueda y reportes de los documentos HTML.	148
Tabla No. 88. Propiedades Visuales de los mensajes de los documentos HTML.....	148
Tabla No. 89. Comparación de motores de bases de datos.	152
Tabla No. 90. Comparación de Herramientas de Front-End.	155

Tabla No. 91. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Evaluadores. 166	
Tabla No. 92. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Criterios de Evaluación.	166
Tabla No. 93. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Objetivos de Evaluación.	166
Tabla No. 94. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Aspectos de Evaluación.	167
Tabla No. 95. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Escalas Relativas de Evaluación.....	167
Tabla No. 96. Caso de Prueba: Administración de Evaluaciones.	167
Tabla No. 97. Caso de Prueba: Administración de Proyectos.....	168
Tabla No. 98. Caso de Prueba: Administración de Usuarios.	168
Tabla No. 99. Caso de Prueba: Consulta de Evaluaciones.....	168
Tabla No. 100. Caso de Prueba: Ingreso de Valoraciones.	168
Tabla No. 101. Caso de Prueba: Ejecución de Evaluación.	169
Tabla No. 102. Caso de Prueba: Consulta de Resultados.....	169
Tabla No. 103. Caso de Prueba: Integración entre los Frameworks Spring y Struts.	170
Tabla No. 104. Caso de Prueba: Conexión a la Base de Datos	170
Tabla No. 105. Caso de Prueba: Revisión de Requerimientos.....	170

RESUMEN

El presente proyecto abarca un método de evaluación de perfiles de proyectos de investigación científica utilizando lógica difusa, basándonos en los estudios realizados en varias instituciones de investigación y desarrollo del Ecuador para establecer una jerarquía de criterios acorde a la realidad nacional.

Con la finalidad de presentar un método que incluye un enfoque apropiado para el manejo de la información subjetiva e imprecisa que inherentemente se incluye en un proceso de evaluación de proyectos de investigación y desarrollo. El sistema implementado sigue los lineamientos descritos en este documento.

INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto de Titulación documenta el desarrollo del sistema denominado “HEPPIC”, que permite realizar evaluaciones de perfiles de proyectos de investigación científica utilizando lógica difusa.

La lógica difusa permite un acercamiento apropiado para manejar información que presenta incertidumbre, subjetividad. Este acercamiento puede resultar apropiado para realizar el proceso de evaluación de proyectos, en el cual los procesos son evaluados por los expertos de forma subjetiva e intuitiva, en ocasiones sin contar con un conocimiento a profundidad del tema que abarca el proyecto.

De esta forma, se puede manejar la incertidumbre que existe en el proceso, y obtener resultados que se aproximen de forma razonable a las valoraciones reales de los evaluadores.

El sistema permite almacenar datos de proyectos, evaluadores, y establecer la respectiva parametrización de la jerarquía de aspectos, objetivos y criterios de evaluación; permite a cada uno de los evaluadores ingresar sus respectivas valoraciones dentro de un plazo establecido, luego de esto se aplica un proceso basado en Fuzzy Decision Making para la obtención de los resultados, que es un ordenamiento de los proyectos.

Se utiliza como metodología de desarrollo el Proceso Unificado de Desarrollo y se utilizan herramientas de uso libre y código abierto para la implementación del mismo. El sistema se utiliza a través de un navegador web, notifica automáticamente a los evaluadores de las acciones requeridas y realizadas por medio de correo electrónico, además cuenta con una aplicación cliente que permite el ingreso masivo de proyectos de investigación con un archivo XML.

El documento consta de tres capítulos:

El capítulo 1 contiene el marco teórico del proyecto, abarca las definiciones de lógica difusa, números difusos, Fuzzy Decision Making y el proceso de evaluación.

El capítulo 2 detalla el desarrollo del sistema, contiene la arquitectura, el diseño, la construcción, selección de herramientas, convenciones de la implementación y pruebas.

El capítulo 3 contiene las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la realización del proyecto.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.

1.1. LA LÓGICA DIFUSA.

1.1.1. DEFINICIÓN DE LÓGICA DIFUSA.

La lógica difusa es una lógica multivaluada que extiende a la lógica clásica.

Debemos establecer primeramente que la lógica clásica está basada en dos valores lógicos, verdadero y falso, es decir que una proposición establecida con la lógica clásica puede ser únicamente; o verdadera, o falsa.

De esta forma la lógica clásica ha permitido modelar de una forma satisfactoria muchos de los problemas del razonamiento humano. Sin embargo una capacidad importante del razonamiento humano es la expresión de las proposiciones con valores de verdad no tan determinísticos, es decir la incertidumbre.

Las lógicas multivaluadas han evolucionado con el tiempo, primero se estableció la incertidumbre para los eventos futuros, es decir que una proposición relativa a un evento futuro tenía un valor de verdad indeterminado hasta el momento en que el evento deba suceder.

Posteriormente se comprendió que la incertidumbre no es exclusiva de eventos futuros, dependía también de otros factores, como por ejemplo, limitaciones en la cuantificación o medición de los datos. Se estableció un tercer valor lógico a más de los valores verdadero y falso, éste es el valor de indeterminado. Si se representa a verdadero con un valor de 1 y falso con 0, indeterminado sería $\frac{1}{2}$.

Análogamente se realizó varias generalizaciones de lógicas multivaluadas de más de tres valores, hasta llegar a la lógica difusa en que no se habla de valores de verdad determinísticos, sino de grados de verdad.

La lógica difusa pretende obtener resultados precisos a partir de datos imprecisos o inciertos, por esta característica es de gran utilidad en aplicaciones computacionales, y en una representación más apropiada de la inteligencia humana.

1.1.2. INCERTIDUMBRES.

En la teoría de los conjuntos fijos tradicionales, se trataba de evitar las incertidumbres a toda costa; ya que se consideraba que la incertidumbre era indeseable, tenía un carácter no científico y podía conducir al error.

Un punto de vista alternativo sugiere que la incertidumbre es una parte esencial de la ciencia, además es inevitable, y manejada apropiadamente consiste en una poderosa herramienta.

Históricamente, posterior a los métodos analíticos aparecieron los métodos estadísticos para la resolución de problemas con un elevado número de variables y un alto grado de aleatoriedad, problemas para los que los métodos analíticos resultaban inapropiados. Entonces se estableció una relación existente entre la teoría probabilística y la incertidumbre.

Ahora bien, se ha determinado una creciente importancia de la incertidumbre en la construcción de modelos para la solución de problemas. La incertidumbre está relacionada con la complejidad y credibilidad de un modelo. Cuando un modelo permite más incertidumbre, el modelo tiende a ser menos complejo, y más confiable (tiene mayor credibilidad), de esta forma se puede deducir que la manipulación de la incertidumbre permite maximizar la utilidad de un modelo. Como se puede ver la teoría probabilística no muestra todos los aspectos de la incertidumbre, con el avance de la teoría se ha definido a los conjuntos difusos y la lógica difusa.

1.1.3. CONJUNTOS DIFUSOS (FUZZY SETS).

1.1.3.1. Definición.

Los conjuntos difusos suponen un gran cambio a partir de los conjuntos fijos tradicionales. La definición formal de los conjuntos difusos fue publicada por

primera vez en un artículo de Lofti A. Zadeh en 1965, en el que se presentó a los conjuntos difusos como conjuntos cuyos límites no son precisos¹.

La pertenencia de un elemento a un conjunto difuso, a diferencia de la teoría tradicional, no se da por una afirmación o negación (en la teoría tradicional un elemento del universo es o no es miembro de un conjunto), sino que la pertenencia de un elemento a un conjunto difuso se da por un grado de pertenencia.

Sea: **A** un conjunto difuso, y **x** un elemento del universo.

La proposición **x** pertenece al conjunto **A** no es necesariamente cierta o falsa, **x** pertenece al conjunto **A** en medida de su grado de pertenencia.

Los conjuntos fijos clásicos dividen a los elementos en cuestión, entre miembros y no miembros, por medio de una distinción tajante que no permite ambigüedades. No obstante para la realización de modelos que representen situaciones del mundo real puede ser necesario usar conjuntos que no cumplen estas condiciones fundamentales de los conjuntos fijos. Ahora bien, los conjuntos difusos tienen límites no precisos por lo que permiten establecer estados de transición de un elemento en la medida en que dicho elemento pertenece o no a los varios conjuntos difusos.

Los conjuntos difusos permiten representar la transición gradual de un elemento desde la pertenencia a la no pertenencia y viceversa.

Esta característica es útil cuando la pertenencia de un elemento a un conjunto puede ser expresada más convenientemente mediante términos del lenguaje natural de las personas, en lugar de números exactos, dado que los términos del lenguaje natural representan conceptos de una forma vaga o incierta. De esta forma los conjuntos difusos proveen de un poderoso método para medir las incertidumbres.

¹ "Fuzzy Sets". Obra de Lofti A. Zadeh, científico de computación y matemático. Expresa en esta obra publicada en 1965 la primera definición formal de conjuntos difusos y lógica difusa.

Para expresarlo de mejor manera podemos citar un ejemplo: Consideraremos un conjunto de autos costosos. La calidad de costoso de un auto contiene vaguedad, y es un término bastante subjetivo.

Considerando la teoría de conjuntos fijos, un auto es costoso o no lo es, dependiendo de su precio, pero resulta difícil establecer el límite en que un auto deja de ser costoso o pasa a serlo; es más, si por ejemplo, se fija que los autos costosos, son los que tienen un costo de más de 50000, un auto que cueste 49500 sería no costoso, o un auto que cueste 50000 sería arbitrariamente tratado como costoso o no costoso.

En cambio considerando la teoría de conjuntos difusos, un auto puede pertenecer en mayor o menor grado al conjunto de autos costosos.

Generalmente, aunque no es necesario, la membresía de un elemento es representada por valores reales del intervalo cerrado entre cero y uno **[0, 1]**.

Para el ejemplo, entonces, se determina que los autos de mayor costo entre todos tienen una pertenencia al conjunto de 1, mientras los menos costosos tienen una pertenencia de 0, y conforme los precios de los autos varían se establece su pertenencia al conjunto de autos costos. Un auto de 49500 puede tener una pertenencia de 0.4, por ejemplo.

1.1.3.2. Función de Membresía.

La función de membresía es una función que determina el grado de pertenencia de un elemento del universo a un conjunto difuso. Guarda cierta relación a la función característica de los conjuntos fijos.

En los conjuntos fijos, la función característica de un conjunto determina la pertenencia o no pertenencia de un elemento a un conjunto, diferenciando únicamente entre miembros y no miembros. La asignación de valores puede expresarse como 1 para los miembros y cero para los no miembros.

Se puede generalizar dicha función tal que dichos valores asignados expresen el grado de pertenencia de un elemento al conjunto, mientras un valor más alto

especifica una mayor pertenencia del elemento al conjunto, y viceversa; esa es la función de membresía.

Como fue mencionado anteriormente, usualmente los valores de la membresía de los elementos al conjunto difuso son valores reales en el rango $[0, 1]$, de esta forma una función de pertenencia puede ser expresada mediante la siguiente notación:

$A : U \rightarrow [0,1]$, en donde:

A representa la función de membresía del conjunto difuso **A**.

U es el conjunto universo. El conjunto universo siempre es un conjunto fijo.

1.1.3.3. Tipos Básicos de Conjuntos Difusos y Funciones de Membresía.

Es necesario notar que un conjunto difuso es definido completamente y únicamente por una función de membresía única, generalmente esta función enlaza elementos del universo X a números reales en el intervalo $[0, 1]$, de la forma:

$A : X \rightarrow [0,1]$

En este caso se denota como **A** tanto al conjunto difuso en sí, como a la función de pertenencia.

La función de pertenencia puede tener varias formas, esta depende del concepto que se quiere representar, además de su contexto. La forma de la función se determina únicamente en el contexto de una aplicación determinada, y si el caso es que la aplicación no es sensitiva a variaciones en la forma, es más conveniente usar una función de membresía con una forma simple.

Las formas más comunes de las funciones de membresía son:

- Formas trapezoidales.
- Formas triangulares.

Aunque las matemáticas basadas en conjuntos difusos tienen un valor de expresión mayor que las matemáticas sobre conjuntos fijos, ya que mediante conjuntos difusos se puede representar de mejor manera la situación real, y se trata mejor las incertidumbres; la utilidad de las matemáticas de conjuntos difusos radica en gran medida en la capacidad de formular funciones de membresía apropiadas.

En base a la función de membresía de los conjuntos difusos se puede definir los siguientes tipos de conjuntos difusos:

1.1.3.3.1. Conjuntos Difusos Ordinarios.

Los conjuntos difusos ordinarios son los más comunes, en realidad son los que hemos mencionado y tratado hasta el momento, en los que a cada elemento del universo se asigna un número real particular, dado un universo X , un conjunto difuso A está definido por una función de membresía de la forma:

$$A: X \rightarrow [0,1]$$

1.1.3.3.2. Conjuntos Difusos Valorados en Intervalos.

En casos en que la función de membresía pueda ser determinada solo aproximadamente, es decir con cierta incertidumbre, por ejemplo cuando se puede definir solamente los límites inferior y superior de los grados de membresía de los elementos del universo, se asigna a cada elemento del universo no un número real como en el caso anterior, sino mas bien un intervalo cerrado entre los límites inferior y superior definidos. Dado un universo X y un conjunto difuso A , es definido por una función de membresía de la forma: $A: X \rightarrow \xi([0, 1])$, en donde:

$\xi([0, 1])$ denota la familia de todos los intervalos cerrados de números reales en $[0, 1]$.

El siguiente gráfico muestra un conjunto difuso valorado en intervalos con la función $A(a) = [\alpha_1, \alpha_2]$

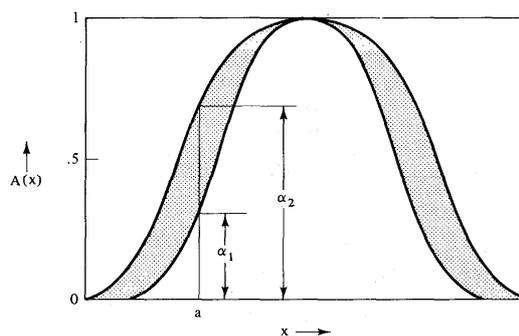


Figura No. 1. Conjunto difuso valorado en intervalos²

La ventaja de los conjuntos difusos valorados en intervalos es que permiten expresar incertidumbres al determinar la función de membresía, los resultados del procesamiento son menos específicos y más cercanos a la realidad. La desventaja es que demanda mayor cantidad de recursos computacionales para su procesamiento.

1.1.3.3.3. Conjuntos Difusos Potencia.

Si consideramos un conjunto difuso valorado en intervalos en que los intervalos definidos sean difusos, cada intervalo es ahora un conjunto difuso ordinario definido en un conjunto universo $[0, 1]$; en este caso los grados de membresía de los elementos del universo son conjuntos difusos. La función de membresía de estos conjuntos es de la forma:

$A: X \rightarrow F([0,1])$, en donde:

$F([0, 1])$ representa el conjunto de todos los conjuntos difusos ordinarios que pueden ser definidos dentro del universo $[0, 1]$. A es un conjunto difuso potencia de grado 2

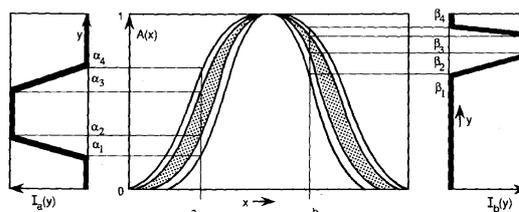


Figura No. 2. Conjunto Difuso de potencia 2³

² KLIR, George. "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic". Capítulo Fuzzy Sets: Basic Types

Similar al caso anterior, la ventaja de estos conjuntos es su capacidad de expresión y su desventaja es su mayor consumo de recursos computacionales.

Se puede definir conjuntos difusos de potencia de grado 3 o mayor, de forma recursiva como se ha visto.

Sin embargo estos conjuntos no son de verdadera aplicación real ya que demandan cada vez más recursos computacionales para su procesamiento.

1.1.3.4. Propiedades de los Conjuntos Difusos.

1.1.3.4.1. Altura de un Conjunto Difuso.

La altura de un conjunto difuso es el mayor valor del grado de membresía en su función de pertenencia.

$$h(A) = \sup A(x), \forall x \in X$$

La altura de un conjunto difuso puede ser representada también con el corte alfa del conjunto.

$$h(A) = \sup \alpha \mid \alpha(A) \neq \emptyset$$

1.1.3.4.2. Normalización.

Con respecto a la altura de los conjuntos difusos se puede definir la normalización de los conjuntos difusos.

Un conjunto difuso A es normalizado cuando $h(A) = 1$, y subnormalizado cuando $h(A) < 1$

1.1.3.4.3. Alpha Cut (α -cut).

Considerando un conjunto difuso A de la forma: $A: X \rightarrow [0,1]$, el corte alfa de A, o alpha cut es el conjunto:

$$\alpha A = \{x \in X \mid A(x) \geq \alpha\}$$

³ KLIR, George. "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic". Capítulo Fuzzy Sets: Basic Types

Es decir, αA es el conjunto fijo (crisp set) que contiene todos los elementos del conjunto universal X cuyos grados de membresía en el conjunto difuso A son mayores o iguales al valor especificado α .

Dicho en otras palabras α -cut de A o αA son los valores de X que tienen un grado mínimo de pertenencia, definido por α

Adicionalmente, el corte alfa fuerte (strong α -cut) se define de la siguiente forma:

$$\alpha_+ A = \{x \in X \mid A(x) > \alpha\}$$

El siguiente gráfico muestra los valores de α -cut y strong α -cut de un conjunto difuso, considerando el valor $\alpha = 0$

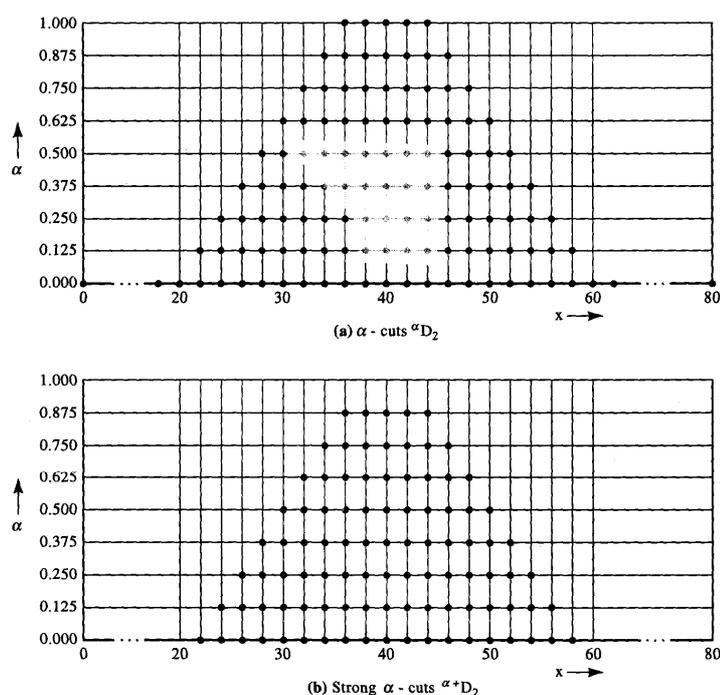


Figura No. 3. Corte Alfa y corte Alfa Rígido de un conjunto difuso⁴

1.1.3.4.4. Soporte de un Conjunto Difuso.

El soporte de un conjunto difuso A es el conjunto de los elementos pertenecientes al conjunto universal X para los cuales el grado de pertenencia a A es mayor que cero.

⁴ KLIR, George. "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic". Capítulo Fuzzy Sets: Basic Concepts

$$\text{support}(A) = \{x \in X \mid A(x) > 0\}$$

Se puede apreciar que el soporte de A es igual al corte alfa fuerte de A dado el valor de alfa 0.

$$\text{support}(A) = {}_0 A$$

1.1.3.4.5. Núcleo de un Conjunto Difuso.

El núcleo de un conjunto difuso A es el conjunto de los elementos pertenecientes al conjunto universal X para los cuales el grado de pertenencia a A es igual a uno.

$$\text{core}(A) = \{x \in X \mid A(x) = 1\}$$

Análogamente al caso del soporte del conjunto difuso se puede apreciar que:

$$\text{core}(A) = {}_1 A \text{ (el corte alfa para el valor de } \alpha = 1 \text{)}$$

$$\text{core}(A) \leq \text{support}(A)$$

1.1.3.4.6. Convexidad o Concavidad de un Conjunto Difuso.

La convexidad o concavidad de un conjunto difuso es una generalización de las propiedades de convexidad o concavidad de los conjuntos fijos tradicionales.

Para que un conjunto difuso sea convexo, análogamente a los conjuntos fijos, se debe cumplir que todos los α -cut sean convexos para todo $\alpha \in (0, 1]$.

Entonces, formalmente para todo $x_1, x_2 \in X$ y para todo $\lambda \in [0, 1]$

El conjunto difuso A es convexo si:

$$A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(A(x_1), A(x_2))$$

y, el conjunto difuso A es cóncavo si:

$$A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \leq \max(A(x_1), A(x_2))$$

El siguiente gráfico muestra un conjunto difuso convexo, se puede apreciar gráficamente que para distintos valores de α se cumple la condición de convexidad.

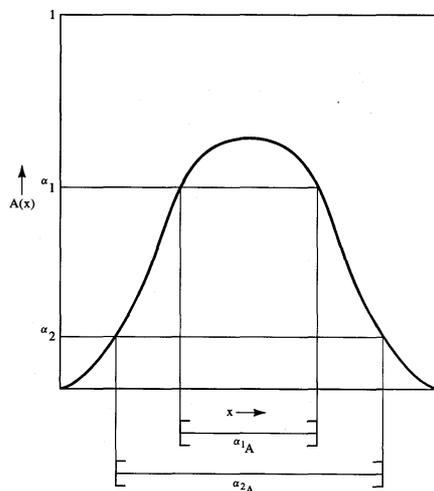


Figura No. 4. Conjunto Difuso Convexo⁵

Es necesario recalcar que si un conjunto difuso es convexo, no significa que su función de pertenencia sea una función convexa.

1.1.3.4.7. Cardinalidad de un Conjunto Difuso.

Si se tiene un conjunto universo finito la cardinalidad de A se define como:

$$\text{card}(A) = \sum A(x), \forall x \in X$$

1.1.4. OPERACIONES Y RELACIONES ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS.

1.1.4.1. Operaciones Unarias.

1.1.4.1.1. Normalización.

La normalización de un conjunto difuso es una operación para convertir un conjunto difuso no normalizado en normalizado.

Se logra dividiendo al conjunto por su altura.

$$\text{Norm}(A(x)) = A(x) / h(A)$$

⁵ KLIR, George. "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic". Capítulo Fuzzy Sets: Basic Concepts

1.1.4.1.2. Concentración.

Por medio de esta operación la función de pertenencia de un conjunto tomará valores menores, concentrándose en los valores mayores.

$$\text{Con}(A(x)) = A^p(x), \text{ normalmente } p = 2.$$

1.1.4.1.3. Dilatación.

La operación de dilatación tiene un efecto contrario al de la operación de concentración, es decir, la función de pertenencia tomará valores más grandes.

$$\text{Dil}(A(x)) = A^p(x), \text{ con } p \in (0,1], \text{ normalmente } p = 0.5.$$

$$\text{Ó bien, } \text{Dil}(A(x)) = 2A(x) - A^2(x)$$

1.1.4.1.4. Intensificación del Contraste.

Esta operación se utiliza para disminuir los valores de pertenencia menores a 0.5 y aumentar los mayores.

$$\text{Int}(A(x)) = \begin{cases} 2^{p-1} A^p(x), & \text{si } A(x) \leq 0.5 \\ 1 - 2^{p-1} (1 - A(x))^p, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

1.1.4.1.5. Difuminación.

La operación de difuminación tiene un efecto contrario al de la operación de intensificación del contraste.

$$\text{Fuzzy}(A(x)) = \begin{cases} \sqrt{A(x)/2}, & \text{si } A(x) \leq 0.5 \\ \sqrt{(1 - A(x))/2}, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

1.1.4.2. Relaciones entre Conjuntos Difusos.

1.1.4.2.1. Igualdad.

Dos conjuntos difusos definidos sobre el mismo conjunto universo son iguales si sus funciones de pertenencia son iguales, formalmente:

$$A = B \text{ ssi } A(x) = B(x), \forall x \in X$$

1.1.4.2.2. Inclusión.

Un conjunto difuso está incluido en otro si su función de pertenencia toma valores más pequeños

$$A \leq B \text{ ssi } A(x) \leq B(x), \forall x \in X$$

1.1.4.2.3. Inclusión Difusa.

Teniendo un conjunto universo finito, se puede utilizar la inclusión difusa para determinar el grado en que un conjunto difuso está incluido en otro.

$$S(A, B) = \frac{1}{\text{Card}(A)} \left\{ \text{Card}(A) - \sum \max\{0, A(x) - B(x)\} \right\}$$

1.1.4.3. Operaciones Binarias sobre Conjuntos Difusos.

Las operaciones básicas son el complemento, unión e intersección

1.1.4.3.1. Complemento.

El complemento de un conjunto difuso **A** respecto al conjunto universal **X** se define de la siguiente forma:

$$\bar{A}(x) = 1 - A(x)$$

En este punto se debe definir los puntos de equilibrio, son los elementos de **X** para los que $A(x) = \bar{A}(x)$, generalmente los elementos para los que el valor de pertenencia es de 0.5

1.1.4.3.2. Unión e Intersección.

Considerando dos conjuntos difusos **A** y **B**, se definen la unión e intersección entre A y B de la siguiente forma:

$$(A \cup B)(x) = \max[A(x), B(x)]$$

$$(A \cap B)(x) = \min[A(x), B(x)]$$

Cabe recalcar que la convexidad y normalidad de los conjuntos difusos implicados en una operación se puede perder en el resultado de la operación, es decir, por ejemplo, que si A y B son conjuntos difusos convexos, $A \cup B$ puede no ser convexo.

Además se debe mencionar que estas operaciones básicas no cumplen con una generalización de las leyes de Morgan, que se aplican para los conjuntos fijos⁶.

1.1.5. ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS Y OPERADORES.

Son términos lingüísticos definidos como conjuntos difusos sobre un dominio subyacente.

Las etiquetas lingüísticas permiten representar valores más generales, inciertos, conjuntos difusos, a diferencia de los números que representan valores exactos.

Por ejemplo podemos definir una variable temperatura cuyos valores pueden ser: muy baja, baja, media, alta, muy alta. En este caso estas palabras son las etiquetas lingüísticas, que sirven para definir a la variable lingüística temperatura.

Además en el ejemplo el dominio subyacente son los grados centígrados de temperatura.

1.1.5.1. Variables Lingüísticas.

Las variables lingüísticas son variables cuyos valores son expresados por palabras o sentencias, no números. Una variable lingüística es una variable que acepta como valores etiquetas lingüísticas.

El uso de variables lingüísticas presenta algunas ventajas en el modelamiento de problemas, como las siguientes:

- Compresión de la información, dado que una sola etiqueta contiene varios valores posibles.

⁶ Las leyes de Morgan son parte de la lógica proposicional que especifican que para dos conjuntos fijos A y B , la negación de la unión de los conjuntos es equivalente a la intersección de las negaciones de cada conjunto, y viceversa, se verifica fácilmente por tablas de verdad, pero esto no se cumple para los conjuntos difusos ya que sus estados son de transición.

- Representación apropiada de problemas que están mal definidos o que son difíciles de definir.
- Representan un medio para traducir expresiones lingüísticas o simbólicas a numéricas para ser procesadas.
- Las herramientas existentes que utilizan variables numéricas pueden ser extendidas para manejar variables lingüísticas y de esta forma obtener las ventajas de la lógica difusa.

Nuevamente citamos a Lofti Zadeh para revisar la definición formal de variable lingüística:

La variable lingüística es un conjunto de cinco elementos:

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

- **N** es el nombre de la variable y **U** el dominio subyacente.
- **T(N)** es el conjunto de etiquetas lingüísticas que puede tomar **N**.
- **G** es una gramática utilizada para generar las etiquetas.
- **M** es una regla semántica que asocia cada elemento de **T(N)** con un conjunto difuso en **U**. $M : T(N) \rightarrow F(U)$.

1.1.5.2. Gramáticas.

Como mencionamos las gramáticas se definen para generar las etiquetas lingüísticas.

Comprenden algunos símbolos terminales, que se muestran a continuación:

- Términos primarios, por ejemplo: alto, medio, bajo
- Modificadores (hedges), por ejemplo: muy, poco, completamente, más, menos, cerca de, etc.
- Conectivos lógicos: **NOT**, **AND**, **OR**

Entonces una etiqueta lingüística se forma de una sucesión de los símbolos terminales, por ejemplo: muy alto, no muy alto, etc.

1.1.5.3. Operadores.

Los modificadores y conectivos lógicos definidos en las gramáticas son operadores, es decir, permiten realizar operaciones sobre los conjuntos difusos. Un modificador transforma al conjunto difuso del término primario al que afecta en otro conjunto difuso.

Estos operadores permiten las operaciones unarias sobre los conjuntos difusos.

Si tenemos un operador que actúa sobre un término primario L, se definen las siguientes operaciones, en función de L:

- Concentración, muy L, más aproximado a L
- Dilatación, menos L, poco L
- Intensificación del contraste, especialmente L, bastante cerca de L
- Difuminación, casi L, efecto contrario a la operación anterior.

Estas operaciones se revisarán más profundamente una vez que hayamos revisado las propiedades de los conjuntos difusos.

1.1.5.4. Variables Difusas.

Los conjuntos difusos permiten expresar conceptos a través de términos lingüísticos que conllevan vaguedad o incertidumbre. Se puede definir mediante estos términos diferentes estados de una variable, por ejemplo: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto.

Una variable cuyos estados se determina por medio de estos términos, y cada término corresponde a un conjunto difuso, se denomina variable difusa.

Por medio de la utilización de variables difusas, se puede tratar de mejor forma incertidumbres en las mediciones de las variables, ya que podemos expresar transiciones graduales entre estados de la variable.

Podemos expresar estos conceptos de mejor manera mediante la ilustración de un ejemplo, si se consideran las mediciones de la presión, se puede establecer varios estados de la presión, sea como conjuntos fijos o difusos. Los estados serán muy baja, baja, media, alta, muy alta.

Conjuntos Fijos:

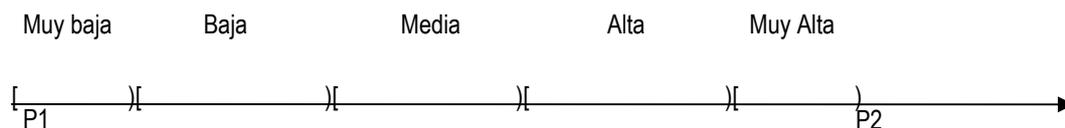


Figura No. 5. – Ejemplo de Conjuntos Fijos

Conjuntos Difusos:

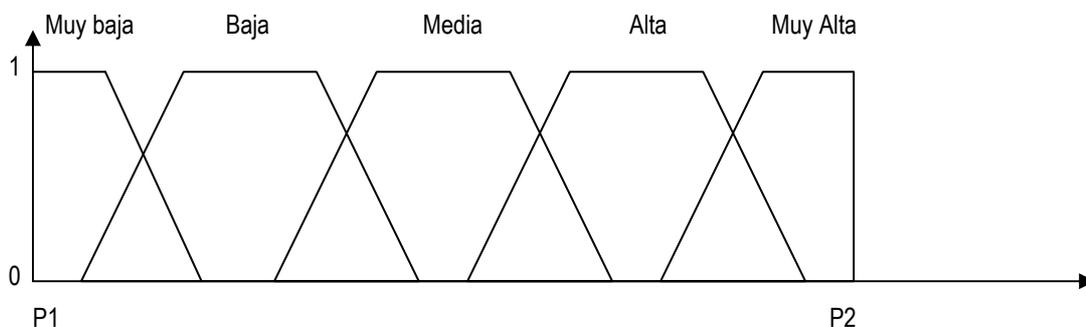


Figura No. 6 – Ejemplo de Conjuntos Difusos

Como podemos ver al tratarse de conjuntos fijos podemos representar los estados de la variable, sin embargo, no representan adecuadamente la realidad, puesto que un valor que caiga cerca de los límites de los conjuntos o en los valores límites precisos corresponderá exclusivamente a uno de los conjuntos estados.

1.1.6. APLICACIONES.

A continuación repasaremos algunas de las más importantes aplicaciones existentes para la lógica difusa y explicaremos cual de ellas es nuestro caso de aplicación.

1.1.6.1. Sistemas Expertos Difusos. Razonamiento aproximado.

Un sistema experto es un sistema computacional que emula el razonamiento o procesos intelectuales de un experto en un campo específico del conocimiento.

Un sistema experto efectivo debe tener las siguientes capacidades:

- Explicar sus razonamientos, debe seguir reglas o pasos comprensibles de forma tal que pueda generar una explicación para cada regla.
- Adquirir nuevos conocimientos, que son mecanismos de razonamiento para modificar los conocimientos anteriores.

Existen varios elementos que conforman un sistema experto, son los siguientes:

1. Base de conocimientos, contiene el conocimiento modelado.
2. Base de hechos, contiene los hechos sobre un problema.
3. Motor de inferencia, modela el proceso del razonamiento.
4. Módulos de justificación, explica el razonamiento.
5. Interfase de usuario, interacción entre el sistema experto y el usuario.

Ahora bien, en un sistema experto difuso el conocimiento es representado por un conjunto de reglas de producción difusas, en las que se conecta antecedentes con consecuentes, premisas con conclusiones, o condiciones con acciones; generalmente de la forma: **si A, entonces B**, siendo **A** y **B** conjuntos difusos.

El motor de inferencia opera sobre las reglas difusas utilizando los datos de la base de hechos y realiza inferencias difusas.

Se han realizado aplicaciones de razonamiento aproximado utilizando lógica difusa en el campo de la Planificación de la Producción desde hace algunas décadas. En 1987 Lehtimäki presentó un modelo basado en lógica difusa para la Programación Maestra de Producción (Master Production Scheduling - MPS) que permite optimizar la satisfacción del cliente desde el punto de vista de toma de decisiones con múltiples objetivos. MPS ha pasado a ser un elemento

fundamental en los sistemas ERP, y muchos sistemas utilizan el enfoque de la lógica difusa.⁷

1.1.6.2. Controladores Difusos.

En términos generales los controladores difusos son un tipo específico de sistemas expertos difusos, son considerados como una de las aplicaciones más importantes de la teoría de la lógica difusa.

Los controladores difusos se pueden aplicar para tareas complejas, como acciones coordinadas requeridas en robótica.

Un controlador difuso actúa de una forma bastante distinta a los controladores convencionales; en los controladores convencionales se utilizan ecuaciones diferenciales para describir un sistema, mientras que en los controladores difusos se utiliza el conocimiento experto modelado.

Esto es de vital importancia para problemas de control en los que es difícil o imposible construir un modelo matemático preciso, o a su vez el modelo es demasiado costoso. Por ejemplo en casos en que los procesos a ser controlados son variables en el tiempo, presentan condiciones altamente impredecibles, degradación de sensores u otros problemas que dificultan la obtención de medidas precisas y confiables; es claro que en una situación similar un operador experto es generalmente capaz de desempeñarse mejor.

Un controlador difuso es un sistema experto que consta de los siguientes componentes:

1. Base de reglas difusas (conocimiento).
2. Motor de inferencia difuso.
3. Módulo de fusificación.
4. Módulo de defusificación.

⁷ Lehtimäki, A.K. (1987) "An approach for solving decision problems of master scheduling by utilizing theory of fuzzy sets." International Journal of Production Research, La investigación de MRP ha avanzado significativamente en las últimas décadas mediante la utilización de lógica difusa y la teoría de la posibilidad.

Un controlador difuso funciona por la repetición cíclica de los siguientes pasos:

1. Toma de medidas de las variables relevantes.
2. Fusificación, conversión de las medidas a conjuntos difusos para expresar las incertidumbres.
3. Inferencia, da como resultado uno o varios conjuntos difusos definidos en el universo de posibles acciones.
4. Defusificación, conversión de los resultados a valores fijos, que representan las acciones que realizará el controlador.

Las aplicaciones de los controladores difusos son muy variadas en los aparatos electrónicos, existiendo aplicaciones en lavadoras automáticas, por fabricantes como Hitachi, LG; también muchos fabricantes conocidos de impresoras utilizan controladores difusos para el control y diagnóstico de problemas de impresoras.⁸

1.1.6.3. Redes Neuronales Difusas.

Las redes neuronales son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático basado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales.

Los sistemas basados en lógica difusa y las redes neuronales se relacionan principalmente cuando un sistema experto difuso requiere procesar un número grande de reglas de inferencia en tiempo real, entonces se puede utilizar la capacidad de las redes neuronales de realizar procesamiento en paralelo.

Entonces se debe implementar una red neuronal que represente un sistema experto difuso en que las reglas de inferencia son procesadas en paralelo, esto significa una mayor eficiencia en procesamiento computacional, además de incrementar la adaptabilidad del sistema experto gracias a la capacidad de aprendizaje de las redes neuronales que modificarían las reglas de inferencia.

⁸ Una descripción de la aplicación de Redes Bayesianas y Lógica Difusa para realizar diagnósticos en impresoras se puede encontrar en la obra "A FUSION OF BAYESIAN AND FUZZY ANALYSIS FOR PRINT FAULTS DIAGNOSIS" por Shijun Qiu, Universidad de Xiamen, China, disponible en la biblioteca virtual de la Universidad de Berkeley, California.

Aunque las redes neuronales convencionales pueden ser usadas para la representación de tales sistemas expertos difusos, o controladores difusos, existen redes neuronales más convenientes para la representación del razonamiento aproximado, estas son las redes neuronales difusas.

Las siguientes son características de las redes neuronales difusas:

- Las entradas son números difusos.
- Las salidas son números difusos.
- Los pesos son números difusos.
- Las entradas pesadas de cada neurona no son agregadas por suma, sino que se debe utilizar algún otro operador de agregación.

Existen aplicaciones en cuanto a problemas de clasificación, modelamiento, pronósticos e incluso diagnóstico médico para problemas cardíacos.⁹

1.1.6.4. Reconocimiento de Patrones.

El reconocimiento de patrones es una característica importante y proceso fundamental de la inteligencia humana. El fundamento del reconocimiento de patrones es la clasificación.

Básicamente se realiza una búsqueda por estructuras en los datos y se clasifica estas estructuras en categorías tal que el grado de asociación es alto entre estructuras de la misma categoría y bajo entre estructuras de diferentes categorías.

La clasificación se realiza en base a un conocimiento a priori o información estadística extraída de los patrones. Las categorías de clasificación se definen regularmente por estructuras prototipo obtenidas de experiencias anteriores.

El reconocimiento de patrones difuso utiliza la agrupación difusa o fuzzy clustering, que sirve para la clasificación de los datos de entrada en las categorías

⁹ MONZÓN, Jorge. PIZARELLO, María. "Redes Neuronales Difusas". Universidad Nacional del Noreste. Argentina. Año 2004. Este trabajo define una metodología para la identificación de latidos cardíacos anómalos en tiempo real.

o clases relevantes, para ello existen varios métodos que utilizan algoritmos de lógica difusa.

Existen aplicaciones en el reconocimiento y clasificación de riesgos, aplicaciones de información geográfica, reconocimiento de virus computacionales desconocidos, reconocimiento de texto, entre otras.¹⁰

1.1.6.5. Toma de Decisiones utilizando Lógica Difusa (Fuzzy Decisión Making).

Una vez más nos encontramos con una característica importante del razonamiento humano como es la toma de decisiones.

Este campo es de vital importancia en la administración de las empresas, determina el desarrollo de productos, implementación de proyectos, localización en el mercado, inversiones, etc.

Existen algunas teorías basadas en lógica clásica para la toma de decisiones, sin embargo la toma de decisiones utilizando lógica difusa trata con la vaguedad e incertidumbre inherente al ser humano al momento de formular preferencias, restricciones o metas.

La lógica clásica utiliza distribuciones de probabilidad por cada opción para la toma de decisiones, sin embargo existen casos en que las probabilidades de los resultados de cada acción no son conocidas o son vagamente conocidas, es decir que las decisiones son tomadas bajo una característica de incertidumbre. En este caso es mucho más conveniente utilizar lógica difusa para la toma de decisiones.

Además la lógica difusa permite expresar los criterios y las decisiones con un lenguaje natural por medio de la utilización de las variables lingüísticas, lo que resulta más apropiado para representar el problema, las alternativas y la toma de las decisiones.

Existen además muchas otras variables en cuanto a la toma de decisiones, como el número de sujetos que deben tomar la decisión, el número de criterios para

¹⁰ En el caso específico de reconocimiento de texto, los dispositivos combinan OCR (Optical Character Recognition) con lógica difusa, de esta forma eliminando prácticamente la corrección manual de palabras no reconocidas correctamente en una primera instancia.

tomar la decisión, el número de estados; con este antecedente se han determinado varios tipos de toma de decisiones, algunos de los cuales son los siguientes:

1.1.6.5.1. Toma de Decisiones Individual (Individual Decision Making).

En este caso la decisión será tomada por una sola persona, requiere la definición de las posibles acciones, objetivos y restricciones.

1.1.6.5.2. Toma de Decisiones por Múltiples Personas (Multiperson Decision Making).

En este caso la decisión debe ser tomada por varias personas, representa cambios significativos respecto al caso anterior:

Los objetivos de cada persona pueden ser diferentes.

La información sobre la que cada persona toma la decisión puede ser diferente o puede ser apreciada de diferente forma.

Es necesario tomar en cuenta el orden de preferencia de las alternativas por las personas y la multiplicidad de opiniones, para establecer un orden definitivo y tomar la decisión.

1.1.6.5.3. Toma de Decisiones de Múltiples Criterios (Multicriteria Decision Making).

En este caso las alternativas son evaluadas de acuerdo a un número de criterios. Cada criterio lleva consigo un orden de preferencia particular de las alternativas, y es necesario obtener un orden preferencial sobre todos los criterios para tomar la decisión.

En este punto se puede apreciar una similitud obvia con el caso anterior, la toma de decisiones por múltiples personas, la diferencia radica en la representación de las diferentes preferencias de ordenamiento de las alternativas, sea por diferentes personas como en el caso anterior, o evaluaciones basadas en diferentes criterios, como en este caso.

Observación:

El presente trabajo se aplica a este caso, a la toma de decisiones multicriterio, ya que la toma de decisiones respecto a los proyectos de investigación se basa siempre en un número determinado de criterios, sea realizado por una o varias personas. En el siguiente capítulo se estudiará más a fondo la toma de decisiones multicriterio.

1.1.6.6. Agentes del Conocimiento, agentes cognitivos y reactivos.

Citamos la definición de **Norvig y Russell** respecto a los agentes:

“Un agente es una entidad física o abstracta que puede percibir su ambiente a través de sensores, es capaz de evaluar tales percepciones y tomar decisiones por medio de mecanismos de razonamiento sencillos o complejos, comunicarse con otros agentes para obtener información y actuar sobre el medio en el que se desenvuelve a través de ejecutores”.¹¹

Existen varias formas de clasificar a los agentes, sin embargo se han determinado dos tipos primordiales por las capacidades que poseen:

1. Un agente cognitivo tiene la capacidad de efectuar operaciones complejas, es individualmente inteligente, es decir capaz de efectuar razonamiento sobre su base de conocimiento, puede comunicarse con otros agentes y llegar a un acuerdo sobre alguna decisión.
2. Un agente reactivo posee menos capacidades que el agente cognitivo, no posee métodos de comunicación, sino que responden a estímulos, no son individualmente inteligentes sino globalmente.

Ahora bien el uso de la lógica difusa en la construcción de agentes cognitivos se ha extendido de una manera considerable, gracias a la capacidad de la lógica difusa para el tratamiento de datos imprecisos e incertidumbres, el razonamiento aproximado y las ventajas expuestas anteriormente de la lógica difusa en controladores, ya que muchos agentes realizan actividades de control. De esta forma la lógica difusa permite un tratamiento eficiente de la información imprecisa,

¹¹ **RUSSELL, S. Norvig, P. 1995. Artificial Intelligence, A modern Approach.** Prentice Hall International.

facilidad en la interpolación de las mediciones de los sensores y flexibilidad en la definición de las reglas de control para los agentes.

1.2. TOMA DE DECISIONES UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA (FUZZY DECISION MAKING).

1.2.1. OPERADORES DE AGREGACIÓN.

1.2.1.1. Definición de Operador de Agregación.

En un marco de trabajo referencial los operadores de agregación tienen como propósito el uso simultaneo de varias fuentes con su respectiva información ordenada para llegar a una conclusión o una decisión.

Un operador de agregación es matemáticamente un objeto cuya función trata de reducir un conjunto de números en un único número representativo. Hay que destacar que cualquier agregación o proceso de fusión realizado a través de un computador esta por debajo de la agregación numérica y los operadores de agregación matemáticos son la clave en esta clase de procesos.

Partiendo de una manera informal un problema de agregación consiste en agregar n-tuplas de objetos, todas pertenecientes a un conjunto dado, en un solo objeto del mismo conjunto. Por ejemplo en el caso de un operador de agregación matemático este conjunto es todos los números reales. Por lo tanto, un operador de agregación simplemente es una función que asigna un número real Y a cualquier n-tupla (x_1, x_2, \dots, x_n) de números reales, y se lo define así:

$$Y = \text{agregacion}(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Se cita a Mesiar y Komorníková¹² quienes propusieron un conjunto de propiedades que agrupan todas las definiciones bajo las condiciones más débiles. Así que, se define un operador de agregación como una función:

¹² MESIAR, Radko.- “Continuous Generated Associative Aggregation Operators”. Año 2002. En esta obra se define las condiciones requeridas para un operador de agregación.
KOMORNIKOVA, Magda.- “Aggregation Operators and Additive Generators”. Año 2001. Idem.

$$\text{Agregación: } U_{n \in \mathbb{N}} [0,1]^n \rightarrow [0,1]$$

que satisface las siguientes propiedades:

- Agregación $(x) = x$
- Agregación $(0, 0, \dots, 0) = 0$ y Agregación $(1, 1, \dots, 1) = 1$
- Agregación $(x_1, \dots, x_n) \leq \text{Agregación}(y_1, \dots, y_n)$
si $(x_1, \dots, x_n) \leq (y_1, \dots, y_n)$

1.2.1.2. Propiedades de un Operador de Agregación.

Se describe las propiedades agrupadas en dos grupos: Las propiedades matemáticas y las propiedades conductuales.

1.2.1.2.1. Propiedades Matemáticas.

1.2.1.2.1.1. Condiciones de Límite o Frontera.

Se toma en cuenta el comportamiento del agregador en el mejor o peor de los casos. Se espera que un operador de agregación satisfaga:

- Agregación $(0, 0, \dots, 0) = 0$ (1)
- Agregación $(1, 1, \dots, 1) = 1$ (2).

En donde la condición (1) indica que si se presta atención a un criterio completamente malo, falso o no satisfactorio el resultado de la agregación total debe también ser completamente mala, falsa o no satisfactoria. En cambio la condición (2) se traduce que si se pone atención a un criterio completamente verdadero o un criterio satisfactorio entonces el resultado de la agregación total tiene que ser completamente verdadera o satisfactoria.

1.2.1.2.1.2. Monotonía.

La monotonía considera precisamente un no – decrecimiento con respecto a cada una de las variables, se espera que si un argumento aumenta entonces la agregación final aumenta (por lo menos no decrece, permanece igual):

$$y_i \geq x_i \Rightarrow \text{agregación}(X_1, \dots, Y_i, \dots, X_n) \geq \text{agregación}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$$

1.2.1.2.1.3. Continuidad.

Una función de *Agregación* es continua con respecto a cada una de sus variables. Esta propiedad asegura tener la garantía para: lograr una cierta robustez, una cierta consistencia.

1.2.1.2.1.4. Asociatividad.

Esta propiedad permite agregar por paquetes. Hay que tener en cuenta que la selección de los paquetes no tenga influencia en el resultado. Por ejemplo para tres argumentos la propiedad puede escribirse de la siguiente manera:

$$\text{agregación}(x_1, x_2, x_3) = \text{agregación}(\text{agregación}(x_1, x_2), x_3) \quad \text{ó};$$

$$\text{agregación}(x_1, x_2, x_3) = \text{agregación}(x_1, \text{agregación}(x_2, x_3))$$

1.2.1.2.1.5. Simetría.

Mejor conocida como conmutatividad. La cual describe que el orden de los argumentos no tiene influencia en el resultado.

Esta propiedad es compulsiva u obligatoria cuando la agregación es hecha de argumentos que tienen la misma importancia o surge de expertos o fuentes anónimos.

Para cada permutación σ de $\{1, 2, \dots, n\}$ el operador satisface que :

$$\text{agregación}(x_{\sigma(1)}, x_{\sigma(2)}, \dots, x_{\sigma(n)}) = \text{agregación}(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

1.2.1.2.1.6. Bisimetría.

La bisimetría es una propiedad asociada a la agregación de n^2 entradas para operadores n-arios.

Si se representan estas entradas en una matriz cuadrada, no importa si se agrega primero los vectores columna y luego las salidas de estos, o viceversa, primero se agrega los vectores fila y entonces las salidas pertinentes.

Por ejemplo para un operador binario A y para todo $x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}$ se tiene que:¹³

$$A(A(x_{11}, x_{12}), A(x_{21}, x_{22})) = (A(x_{11}, x_{21}), (x_{12}, x_{22}))$$

1.2.1.2.1.7. Elemento Absorbente.

Si un operador de agregación tiene un elemento absorbente a , entonces puede usarse como un marcador de eliminación (o puede ser considerado como un marcador calificativo).

$$\text{Agregación}(x_1, \dots, a, \dots, x_n) = a$$

1.2.1.2.1.8. Elemento Neutral.

Partiendo de la definición de un elemento neutral de una operación binaria:

Para una operación binaria $*$ definida en el dominio X , un elemento e perteneciente a X es un elemento neutral de la operación $*$ si:

$$\forall x \in X: x * e = e * x = x$$

La acción de un elemento neutral tiene el mismo efecto que su omisión.

Para un operador de agregación se define de la siguiente forma:

Sea $A: \bigcup_{n \in \mathbb{N}} [0,1]^n \longrightarrow [0,1]$ un operador de agregación, un elemento e , en el rango

$[0, 1]$, es un elemento neutral de A si:

$$\forall n \in \mathbb{N}, \forall x_1, \dots, x_n \in [0,1]$$

Si $x_i = e$ para algún valor de $i \in \{1, \dots, n\}$, entonces:

$$A(x_1, \dots, x_n) = A(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n)$$

¹³ OBSERVACIÓN.- Si un operador es conmutativo y asociativo entonces éste es necesariamente disimétrico, pero, ni la conmutatividad, ni la asociatividad implican bisimetría.

El elemento neutral puede ser omitido de los elementos de entrada de la agregación sin alterar el resultado. En un problema de decisión multicriterio, al asignar una valoración igual al elemento neutral significa que dicho criterio no influye en el resultado final, cabe mencionar que el elemento neutral puede o no existir.

1.2.1.2.1.9. *Idempotencia.*

Se lo conoce también como unanimidad. Si se agrega n veces el mismo valor, se debe encontrar el valor inicial

$$\text{Agregación}(x, x, \dots, x) = x$$

1.2.1.2.1.10. *Compensación.*

Esta propiedad determina que el resultado de la agregación sea más bajo que el elemento más alto agregado (el máximo) y mayor que el más bajo (el mínimo)

$$\min_{i=1}^n (x_i) \leq \text{Agregación}(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \max_{i=1}^n (x_i)$$

1.2.1.2.2. *Propiedades Conductuales.*

1.2.1.2.2.1. *Conducta de Decisión.*

Es importante tener la posibilidad de expresar la conducta de quien toma la decisión. Por ejemplo: tolerante, optimista, pesimista o estricto.

Este tipo de conductas en toma de decisiones multi-criterio se las denomina conductas **disyuntivas**.

1.2.1.2.2.2. *Pesos de los Argumentos.*

Es crucial tener la posibilidad de expresar los pesos de los argumentos. Esto puede ser entendido como una ponderación de los argumentos. Para la obtención de los pesos se utilizará la media geométrica que se define en el siguiente tema: Operadores Básicos.

1.2.1.3. **Operadores Básicos.**

1.2.1.3.1. La Media Aritmética.

Es uno de los operadores más simple y más común de agregar, también conocida como el promedio. Matemáticamente se tiene:

$$M(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \text{ ó}$$

$$M(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n} \times x_i \right)$$

Este operador da un valor agregado que es menor que el más grande argumento y más grande que el más pequeño. Así que, la agregación resultante es "un valor medio". Esta propiedad es conocida como la propiedad de la compensación (véase 1.2.1.2.1.10.), y se describe matemáticamente por:

$$\min_{i=1}^n (x_i) \leq M(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \max_{i=1}^n (x_i)$$

Cumple con las propiedades de monotonía, continuidad, simetría, asociatividad, idempotencia, pero no tiene ni el elemento absorbente ni el elemento neutro y no tiene ninguna propiedad conductual.

Se tiene una extensión clásica que deriva de esta, denominada **el peso medio** que consiste poner los pesos en los argumentos, pero al aplicarla se pierde la propiedad de simetría. Se expresa matemáticamente por:

$$M_{w_1, \dots, w_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n (w_i \times x_i)$$

Donde los pesos no son negativos y $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

1.2.1.3.2. La Media Geométrica.

La media geométrica es un operador de agregación, diferente de la media aritmética.

Se calcula multiplicando todos los números, luego se extrae la raíz n-ésima del total.

Media Geométrica = $((X_1) \times (X_2) \times (X_3) \times \dots \times (X_N))^{1/N}$

donde:

X_i = Número i del conjunto de números

N = Total de números.

Sólo es relevante la media geométrica si todos los números son positivos. Si uno de ellos es 0, entonces el resultado es 0. Si hay un número negativo (o una cantidad impar de ellos) entonces la media geométrica es, o bien negativa o bien inexistente en los números reales.

1.2.1.3.3. *La Mediana.*

Consiste en ordenar los argumentos del más pequeño al más grande. Y luego se toma el elemento del medio. Si la cardinalidad del conjunto de argumentos no es impar no hay un argumento medio pero cuando hay un par, entonces se saca la media del par que está en el medio.

Cumple con las propiedades de: Condiciones de frontera, monotonía, simetría, idempotencia y compensación conductual.

Existe una generalización del operador mediana, se denomina **la estadística del k-orden** con el cual se puede seleccionar el elemento en la $k^{\text{ésima}}$ posición en la lista ordenada (desde el elemento más pequeño al elemento más grande).

1.2.1.3.4. *El Mínimo y el Máximo.*

Se tienen dos casos particulares notables de la estadística del k-orden denominados el mínimo y el máximo. El mínimo permite obtener el valor más pequeño de un conjunto, mientras que el máximo da el más grande.

Estos operadores tienen como propiedades principales: La monotonía, la simetría, la asociatividad, la idempotencia. Si se trabaja en un intervalo restringido $[a, b]$ el mínimo tiene por elemento absorbente a y por elemento neutro b , mientras para el máximo será lo contrario: a sería el elemento neutro y b el absorbente.

El mínimo peso se define como:

$$\min_{w_1, \dots, w_n} (x_1, x_2, \dots, x_n) = \min_{i=1}^n [\max(1 - w_i, x_i)]$$

Y el máximo peso se define como:

$$\max_{w_1, \dots, w_n} (x_1, x_2, \dots, x_n) = \max_{i=1}^n [\min(w_i, x_i)]$$

1.2.2. PROGRAMACIÓN DIFUSA.

La programación difusa es una combinación de la programación lineal con la aplicación de números triangulares difusos. Esta combinación permite obtener resultados optimizados para el problema que se desea resolver con la programación, ya que la aplicación de lógica difusa y números difusos permite una representación más fidedigna de la situación real.

A continuación se cita la definición formal de la programación lineal difusa expresada por Carolina Ospina.¹⁴

Un problema de programación lineal difusa se puede expresar de la siguiente manera:

$$\max \sum_{j=1}^n C_j X_j \text{ sujeto a las restricciones:}$$

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} X_j \leq B_i \quad (i \in N_m)$$

$$X_j \geq 0 \quad (j \in N_n)$$

Donde A, B y C son variables difusas. Es decir que estas variables manejan cierta holgura permitiendo así modelar casos donde las variables se encuentran dentro de un rango dado. Existen dos casos en los cuales se puede aplicar el modelo de programación lineal difusa:

¹⁴ OSPINA, Carolina, TENORIO, TENORIO, Juan Felipe, Programación Lineal Difusa (Fuzzy Lineal Programming). Año 2006. La programación lineal difusa en este caso permite obtener resultados óptimos frente a la programación lineal convencional, aunque requiere un procesamiento matemático más complejo.

PRIMER CASO

$$\max \sum_{j=1}^n C_j X_j \text{ sujeto a las restricciones:}$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq B_i (i \in N_m)$$

$$x_j \geq 0 (j \in N_n)$$

Como podemos ver en este caso la variable difusa es B y se define de la siguiente manera:

$$B_i = \begin{cases} 1, \text{ cuando } x \leq b_i \\ \frac{b_i + p_i - x}{p_i}, \text{ cuando } b_i < x < b_i + p_i \\ 0, \text{ cuando } b_i + p_i \leq x \end{cases}$$

Luego se procede a buscar el Z_l y el Z_{up} siendo estos la resolución del sistema con el b_i más pequeño y el b_i más grande respectivamente. De lo anterior se puede deducir el siguiente sistema clásico de optimización:

$\max \lambda$ sujeto a las restricciones:

$$\lambda(Z_{up} - Z_l) - cx \leq -Z_l$$

$$\lambda p_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i + p_i (i \in N_m)$$

$$\lambda x_j \geq 0 (j \in N_n)$$

SEGUNDO CASO

$$\max \sum_{j=1}^n C_j X_j \text{ sujeto a las restricciones:}$$

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} x_j \leq B_i \quad (i \in N_m)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j \in N_n)$$

En este caso A y B son difusas triangulares, es decir que se definen de la siguiente manera:

$$A = \langle s, l, r \rangle \text{ y } B = \langle t, u, v \rangle$$

El problema se puede entonces expresar de la siguiente manera:

$$\max \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ sujeto a las restricciones:}$$

$$\sum_{j=1}^n (s_{ij}, l_{ij}, r_{ij}) x_j \leq (t_i, u_i, v_i) \quad (i \in N_m)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j \in N_n)$$

Ahora por ser A y B difusas podemos efectuar operaciones de suma y multiplicación sobre ellas. Se tiene entonces que:

$$A \leq B \text{ si, } s_1 \leq s_2, s_1 - l_1 \leq s_2 - l_2, s_1 + r_1 \leq s_2 + r_2$$

$$\text{Además: } \langle s_1, l_1, r_1 \rangle + \langle s_2, l_2, r_2 \rangle = \langle s_1 + s_2, l_1 + l_2, r_1 + r_2 \rangle$$

$$\langle s_1, l_1, r_1 \rangle \cdot x = \langle s_1 x, l_1 x, r_1 x \rangle$$

Por lo cual podemos reescribir el problema de la siguiente forma:

$$\max \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ sujeto a las restricciones:}$$

$$\sum_{j=1}^n S_{ij} x_j \leq t_i$$

$$\sum_{j=1}^n (s_{ij} - l_{ij})x_j \leq t_i - u_i$$

$$\sum_{j=1}^n (s_{ij} - r_{ij})x_j \leq t_i - v_i$$

$$x_j \geq 0 (j \in N_n)$$

Este acercamiento permite obtener resultados optimizados en el procesamiento, utilizando variables que corresponden a números difusos.

1.2.3. PROBLEMAS DE DECISIÓN MULTICRITERIO.

La toma de decisiones es considerada como un acto en donde se elige o decide, partiendo de un grupo o conjunto de posibles decisiones. Es por esto que la toma de decisiones es indudablemente una de las actividades primordiales que los seres humanos enfrentan a diario y, en algunos casos, hay que decidir cuales de las acciones disponibles tomar, y en otros casos las decisiones son tomadas de manera individual o a nivel de grupo.

Para definir cuando se encuentra frente a un problema de toma de decisiones multicriterio se toma como referencia la siguiente descripción¹⁵:

La condición que se debe cumplir necesariamente para que se esté frente a un problema de toma de decisiones multicriterio es la presencia de más de un criterio, y la condición suficiente es que los criterios estén en conflicto. Es decir; se tiene un problema multicriterio si y sólo si existen al menos dos criterios en conflicto y existen al menos dos alternativas de solución.

Se dice que dos o más criterios se encuentran estrictamente en conflicto cuando el incremento en la satisfacción de uno, implica el decremento de la satisfacción del otro, por lo que la condición suficiente del problema multicriterio no estipula que los criterios estén estrictamente en conflicto.

Un proceso de toma de decisión comprende de manera general los siguientes pasos¹⁶:

¹⁵ GARZA R., Rosario.- Monografía: Técnicas Multicriteriales para la toma de decisiones. Año 2006.

- Análisis de la situación;
- Identificación y formulación del problema;
- Identificación de aspectos relevantes que permitan evaluar las posibles soluciones.
- Identificación de las posibles soluciones;
- Aplicación de un modelo de decisión para obtener un resultado global; y
- Realización de análisis de sensibilidad.

Cuando se tiene un número de alternativas infinito de valores posibles para un problema se denomina **Decisión Multiobjetivo**. En cambio cuando el número de alternativas es finito se denominan **Decisión Multicriterio Discreta**, estos problemas son más comunes en la vida real y los principales casos en donde se utilizan para realizar una evaluación y toma de decisiones respecto a problemas que por naturaleza o diseño, contemplan un número finito de alternativas de solución a través de:

- Una familia de criterios de evaluación (atributos, objetivos) que permiten evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias), conforme a los pesos (o ponderaciones) asignadas por el agente decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio.
- Un conjunto de alternativas estables, generalmente finito (soluciones factibles que cumplen con las restricciones posibles o previsibles), se asumen que cada una de ellas es perfectamente identificada, aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta y completa de todas sus consecuencias cuantitativas y cualitativas.
- Una Matriz de decisión o de impactos que resume la evaluación de cada alternativa conforme a cada criterio, una valoración (precisa o subjetiva) de cada una de las soluciones a la luz de cada uno de los criterios, la escala de medida de las evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa, y los medios

¹⁶ CURBELO H., Mario Alberto. Los métodos de evaluación y decisión multicriterio.

pueden expresarse en escala cardinal (razón o intervalo), ordinal, nominal y probabilísticas.

- Una metodología o modelo de agregación de preferencias en una síntesis global, ordenación, clasificación, participación, jerarquización de dichos juicios para determinar la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones.
- Un proceso de toma de decisiones (contexto de análisis) en el cual se lleva a cabo una negociación consensual entre los actores o interesados (analista-"experto"-, decidor y usuario)¹⁷.

En este estudio se asume que el número de criterios es finito, además el número de alternativas consideradas es también finito y se describe el proceso de toma de decisiones multicriterio según George Klir¹⁸.

Permita a $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. y $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ ser, un conjunto de alternativas y un conjunto de criterios caracterizando una situación de decisión, respectivamente. Entonces la información básica involucrada en problemas de decisión multicriterio puede ser expresada por la matriz:

$$\mathbf{R} = \begin{matrix} & \mathbf{X}_1 & \mathbf{X}_2 & \dots & \mathbf{X}_n \\ \mathbf{C}_1 & \left[\begin{array}{cccc} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \mathbf{C}_m & \left[\begin{array}{cccc} r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{array} \right. \end{array} \right.
 \end{matrix}$$

Figura No. 7. – Matriz Criterios vs Alternativas

Se asume primero que todas las entradas de la matriz son números reales en el intervalo $[0,1]$ y que cada entrada r_{ij} expresa el grado por el cual el criterio c_i , es

¹⁷ MARTÍNEZ, Eduardo y ESCUDEY Mauricio. "Evaluación y decisión multicriterio – Reflexiones y experiencias", Editorial Universidad Santiago de Chile / UNESCO. 1998.

¹⁸ KLIR, George. "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic". Capítulo Multicriteria Decision Making

satisfecho por la alternativa $x_j (i \in N_m, j \in N_m)$, entonces la matriz R podría ser vista como una representación de la matriz de una relación difusa sobre $C \times X$.

Puede suceder que en vez de la matriz R con entradas en $[0,1]$, se tenga inicialmente una matriz $R' = [r'_{ij}]$, cuyas entradas son números reales arbitrarios, en este caso, R' puede ser convertida a una matriz R por la formula:

$$r_{ij} = \frac{r'_{ij} - \min_{j \in N_n} r'_{ij}}{\max_{j \in N_n} r'_{ij} - \min_{j \in N_n} r'_{ij}}, \text{ para todo } i \in N_n \text{ y } j \in N_n.$$

La aproximación más común para problemas de decisión multicriterio es convertirlos a problemas de decisión de criterio simple, esto se logra encontrando un criterio global $r_j = h(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})$, para cada uno de los $x_i \in X$, es un adecuado agregado de valores $r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}$ por el cual los criterios individuales c_1, c_2, \dots, c_m son satisfechos.

Además se toma como referencia para este estudio como método de evaluación y decisión multicriterio discreto el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP Analytic Hierarchy Process o Proceso Analítico Jerárquico) el cual se describe brevemente a continuación:

- Su creador fue el matemático Thomas L. Saaty por el año de 1980 y su principal objetivo consiste en comprender de manera intuitiva un problema multicriterio complejo, se construye un modelo jerárquico, que le permite al decisor estructurar el problema de forma visual y de manera simple¹⁹.

1.2.3.1. Esquema Metodológico del AHP.

Hemos explicado que AHP establece un modelo jerárquico para la toma de decisiones.

¹⁹ HURTADO, Toskano y BRUNO Gerard.- “El Proceso de Análisis Jerárquico como Herramienta para la toma de Decisiones en la Selección de Proveedores”.

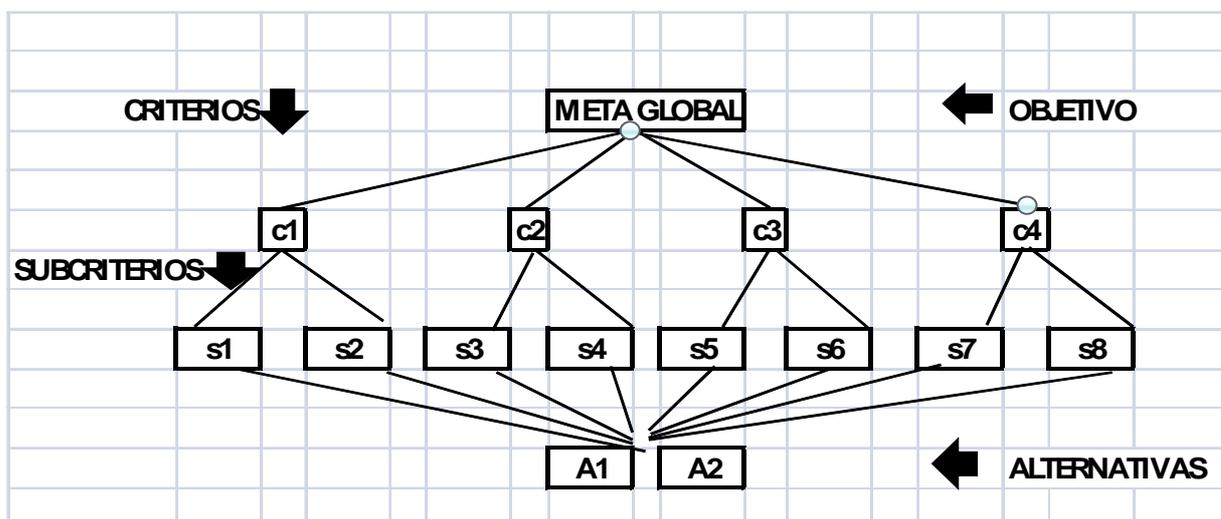
Se toma como documento base para definir el Esquema Metodológico del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) lo expuesto en el documento “EL AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO) Y SU APLICACIÓN PARA DETERMINAR LOS USOS DE LAS TIERRAS”²⁰.

1.2.3.1.1. Estructura del Modelo Jerárquico.

El grupo que está involucrado en la toma de decisiones debe estructurar una jerarquía del problema, esto se logra a través de realizar un desglose del problema en sus componentes relevantes.

La jerarquía básica está conformado por: meta u objetivo General, criterios y alternativas. Se debe seguir los siguientes pasos para la estructuración del modelo jerárquico:

1. Identificar el Problema;
2. Definir Objetivos;
3. Identificar Criterios; e
4. Identificar Alternativas.



* Figura No. 8. – Estructura Jerárquica de AHP

²⁰ AVILA M. Ruth Maritza “EL AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO) Y SU APLICACIÓN PARA DETERMINAR LOS USOS DE LAS TIERRAS”. CAPÍTULO II “EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO AHP”. Año 2000. En este documento se describe el proceso de AHP y su aplicación para determinar la utilización de las tierras en un entorno de desarrollo agrícola sostenible en Brasil.

1.2.3.1.1.1. Identificar el Problema.

Se trata de la situación que se desea resolver mediante la selección de una de las alternativas de las que se dispone o la priorización de ellas.

Todas las alternativas son comparadas unas con otras mediante la evaluación de criterios establecidos que permitan conocer los pros y los contras incorporados en cada una de ellas.

Se utiliza bastante tiempo para llegar a identificar el problema real y principal, esto se puede conseguir después de una serie de discusiones generando una lista de muchos problemas y es necesario darles una priorización y decidir cuál se escogerá para realizar el análisis.

1.2.3.1.1.2. Definir el Objetivo.

Se trata de identificar una cierta dirección a donde llegar con el fin de crear o mejorar una situación. El objetivo en la jerarquía es independiente y otros elementos de la jerarquía tales como subobjetivos, criterios, subcriterios juntos deben apuntar a conseguir el mismo.

Existen objetivos de largo, mediano y corto plazo y esto influirá directamente en la construcción del modelo jerárquico.

Los responsables de establecer el / los objetivo(s) es el grupo decidor, los objetivos establecidos finalmente deben representar las necesidades e intereses generales.

1.2.3.1.1.3. Identificar Criterios.

Se trata de definir dimensiones importantes que afecten de gran manera a los objetivo establecidos y deben expresar las preferencias de los implicados en la toma de decisión, en este punto se incluyen aspectos vitales cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta en la toma de decisión.

1.2.3.1.1.4. Identificar Alternativas.

Definir propuestas factibles mediante las cuales alcanzar el objetivo general. Cada una de las alternativas presenta características con pro y contras.

Cuando se construye la Jerarquía, se puede hacer de:

1. Arriba hacia abajo.- Se inicia con la identificación de los criterios más globales, es decir desde lo más general hasta lo más particular
2. Abajo hacia arriba.- Se definen todas las características que permiten diferenciar entre las alternativas y posteriormente se construye el modelo jerárquico agrupando aquellas características que mantienen un factor común a manera de criterios o subcriterios, según sea el caso, hasta llegar al objetivo general.

1.2.3.1.2. Selección de la Medida.

Este método permite incorporar factores cualitativos y cuantitativos a tener en cuenta para dar solución a un problema, para que luego las personas determinen sus preferencias por medio de juicios, se representa los juicios por medio de números, generando una escala de medida.

A través de una secuencia matemática, el AHP sintetiza los juicios y entrega un resultado.

Hay dos clases de medida que se pueden utilizar: Medida relativa y medida absoluta. Inclusive se puede mezclar ambas.

1.2.3.1.2.1. La Medida Relativa.

Se usa cuando el número de alternativas es hasta de 7. El modelo se evalúa por medio de comparaciones entre criterios, subcriterios y las alternativas. Estas últimas se comparan frente a un tercer elemento común para ambas.

Una vez concluida la evaluación, se entrega las alternativas priorizadas de la mejor a la peor.

1.2.3.1.2.2. La Medida Absoluta.

Con la medida absoluta se pueden tener hasta cientos de alternativas y se procede a comparar las alternativas contra un estándar. La escala suele usarse cuando se están resolviendo problemas de selección de personal, priorización de proyectos, evaluación de proyectos de investigación, entre otros.

Luego se comparan de a pares para conocer las preferencias (los pesos) entre los criterios, subcriterios y las escalas. A cada alternativa le corresponderá un puntaje, con esto se genera una clasificación para el total de ellas, mostrando una lista de la mejor hasta la peor.

1.2.3.1.3. Evaluación del Modelo.

Se debe seguir los pasos descritos a continuación para la evaluación de los componentes del modelo jerárquico:

1. Establecimiento de las Prioridades
2. Emisión de Juicios y Evaluaciones

1.2.3.1.3.1. Establecimiento de la Prioridades.

Concluida la etapa de definir el modelo jerárquico, se debe determinar la importancia relativa de sus partes. Para que se realice el proceso de asignación de juicios y evaluaciones de manera más rápida es recomendable dar una priorización previa a los elementos del modelo.

1.2.3.1.3.2. Emisión de los Juicios y las Evaluaciones.

Los juicios pueden estar guiados por información científica, técnica y la dada por la experiencia y conocimientos del grupo decisor útiles para evaluar los diferentes componentes del Modelo. Esta evaluación se realiza por medio de comparaciones binarias (de a pares) frente a un tercer elemento; permite conocer y medir las preferencias de los individuos o grupos de interés (actores) respecto a los diferentes componentes del modelo (criterios, subcriterios, alternativas).

Cada persona expresa su preferencia haciendo la pregunta apropiada mediante los términos Importancia, preferencia o probabilidad, asignando un valor numérico, el cual mide la intensidad de su preferencia.

El AHP dispone de una escala creada por el propio Saaty que mide los juicios emitidos por el grupo decisor (Ver Tabla No. 1).

Este paso se describe como:

Para cada elemento “e” de un nivel de la jerarquía, se comparan de a pares de elementos del nivel inmediatamente inferior, con respecto de su influencia en “e”. Luego se debe encontrar el vector propio asociado al mayor valor propio de la matriz de comparación a pares:

Vector Propio: Ranking u orden de prioridad

Valor Propio: Medida de la consistencia del juicio

ESCALA	NUMERICA	ESCALA VERBAL EXPLICACION
1.0	Ambos elementos son de igual importancia.	Ambos elementos contribuyen con la propiedad en igual forma.
3.0	Moderada importancia de un elemento sobre otro.	La experiencia y el juicio favorece a un elemento por sobre el otro.
5.0	Fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7.0	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy fuertemente dominante.
9.0	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia.
2.0,4.0,6.0,8.0	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios.
Incrementos de 0.1	Valores intermedios en la graduación más fina de 0.1 (Por ejemplo 5.2 es una entrada válida).	Usados para graduaciones más finas de los juicios.

Tabla No. 1. Escala de Saaty (Matemático de la Universidad de Pennsylvania, creador del AHP).

CRITERIOS	C1	C2	C3	C4
C1	C1/C1	C1/C2	C1/C3	C1/C4
C2	C2/C1	C2/C2	C2/C3	C2/C4
C3	C3/C1	C3/C2	C3/C3	C3/C4
C4	C4/C1	C4/C2	C4/C3	C4/C4

Tabla No. 2. Evaluación Relativa de Criterios

Donde:

- C1= Criterio 1
- C2= Criterio 2
- C3= Criterio 3
- C4= Criterio 4

En la matriz descrita arriba se encuentra la tabla de preferencias para el nivel del Modelo referente a criterios. Se muestra el total de comparaciones que deben realizarse para 4 criterios.

Por lo tanto a cada posición (celda) de la matriz le corresponderá uno de los valores de la escala de Saaty.

Observación La comparación del elemento consigo mismo da un valor de 1. (C1/C1, C2/C2, C3/C3, C4/C4).

Las comparaciones ubicadas al lado izquierdo de las sombreadas, tienen una intensidad de preferencia inversa a las ubicadas al lado derecho de las sombreadas. El proceso se repite hasta agotar todas las comparaciones de los componentes del Modelo (criterios, subcriterios y alternativas).

“Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplica todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia”²¹

Adicionalmente el AHP muestra las inconsistencias²² resultantes de los juicios y el valor máximo que las mejoraría. Puede darse por ejemplo, por falta de información de alguno de los actores frente a la evaluación en cuestión y/o por error al tabular el dato de la evaluación.

No obstante, si se revisa el juicio y no hay error, no se debe cambiar el juicio para lograr mayor consistencia, puesto que esto no significará mayor precisión. La calidad del resultado final dependerá de la fidelidad y rigurosidad con la cual el modelo representa la complejidad del problema en cuestión.

Si la información de apoyo, que se tiene en cuenta para hacer la evaluación no es fidedigna o no se cuenta con expertos o conocedores de los diferentes aspectos

²¹ SAATY, Thomas. 1998

²² Se considera que un índice de inconsistencia es alto cuando supera el 0.10.

de la situación, que por medio de sus conocimientos o experiencias conozcan el problema o no hubo representatividad de los actores afectados o interesados, los resultados no van a ser los mejores.

1.2.3.1.4. Resultado Final.

Luego de realizadas todas las comparaciones se obtiene un resultado final consensuado. Este resultado tiene como base las prioridades, la emisión de juicios y evaluación hecha a través de las comparaciones de los componentes del modelo jerárquico, llevada a cabo por los actores.

1.2.3.1.4.1. Síntesis.

El método permite combinar todos los juicios u opiniones en un todo en el cual las alternativas quedan organizadas desde la mejor hasta la peor.

Luego se pueden deducir los pesos que reflejan las percepciones y valores propuestos con mucha precisión. Las prioridades deducidas para cada faceta del complejo problema que está en estudio serán sintetizadas para obtener prioridades generales y una ordenación de las alternativas.

1.2.3.1.4.2. Análisis de Sensibilidad.

Este análisis permite visualizar y analizar la sensibilidad del resultado (ordenación de las alternativas) respecto de posibles cambios en la importancia de los criterios (supuestos).

Habrán procesos de toma de decisión en los que se requiere volver a aplicar el AHP en un corto o mediano plazo porque son procesos dinámicos que requieren ser revisados y ajustados en el tiempo porque su entorno está en continuo cambio.

1.2.4. METODOLOGÍAS DE JUSTIFICACIÓN.

Cada una de las categorías de justificación tiene sus propias características que pueden ser clasificados en tres categorías²³:

- Los métodos de justificación económicos.
- Los métodos de justificación estratégicos; y
- Los métodos de justificación analíticos.

Cada categoría consiste de varias técnicas.

Generalmente se usan métodos de análisis económico. Las instituciones por lo general aplican una justificación financiera o económica tradicional para evaluar las inversiones, pero los datos financieros no pueden ser exactos y fiables ya que están cambiando muy rápidamente. Como resultado de esto, se han terminado o no se han terminado muchos proyectos porque quienes toman decisiones usan lo financiero solamente como método de justificación. Por este motivo han aparecido nuevos métodos, uno de ellos es el método de evaluación analítico denominado proceso de jerarquía analítico (AHP) este es introducido para acceder a los aspectos no financieros. La razón principal que tiene AHP para su uso radica en que puede capturar más información y puede acomodar las incertidumbres y también puede ser capaz de manejar otras medidas y efectos.

Considerando la evaluación analítica, la situación de una compañía puede reflejarse más precisamente, teniendo en cuenta más factores y juicios subjetivos, y desde aquí se puede reflejar mejor la realidad entendida por gerentes de conocimiento o quienes toman las decisiones.

Las técnicas analíticas son principalmente cuantitativas pero más complejas que las técnicas económicas. Cuando los beneficios intangibles son tomados en cuenta, se requieren las técnicas de apreciación de inversión analíticas para la inversión, con ellas se puede coleccionar más información y frecuentemente se

²³ CHAN F T S, CHAN H K y CHAN M H.- "An integrated fuzzy decision support system for multicriterion decision-making problems.". **LITERATURE REVIEW**. 2003

puede considerar incertidumbre y medidas múltiples y efectos. Su ventaja radica en que ellos son más realistas.

Los métodos estratégicos tienden a ser menos técnicos que los métodos económicos y los analíticos, pero estos frecuentemente se usan en combinación con ellos. La ventaja de los acercamientos estratégicos es su lazo directo a las metas de la empresa.

Una desventaja es la posibilidad de pasar por alto el impacto económico y técnico del proyecto, mientras se está enfocando levemente el impacto estratégico.

Sin embargo, si un acercamiento estratégico se usa, las implicaciones económicas y analíticas también deben verificarse, simplemente para una comprensión clara del impacto del proyecto.

1.2.5. NÚMEROS TRIANGULARES DIFUSOS (TFN)²⁴.

Un número difuso es una cantidad cuyo valor es impreciso. Cualquier número difuso puede ser considerado como una función cuyo dominio es un conjunto especificado. A cada valor numérico en el dominio se asigna un específico "grado de membresía".

En muchos casos, los números difusos describen el mundo físico más fehacientemente que los números normales.

Son muy utilizados en la práctica. Un número difuso Triangular tiene, como su nombre lo indica la forma triangular y puede ser definido mediante la terna (a_1 , a_2 , a_3).

²⁴ MORILLAS R. Antonio.- "Introducción al Análisis de Datos". 1993.

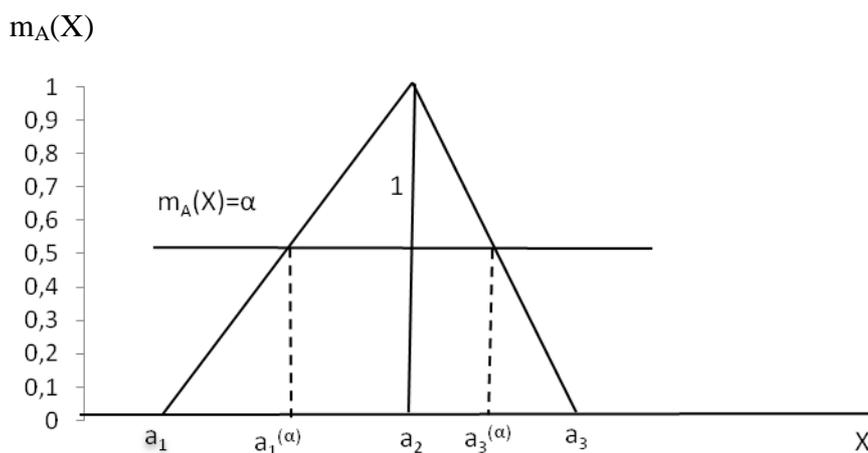


Figura No. 9. – Gráfico de la función de pertenencia de un número triangular difuso.

La función de pertenencia para este número difuso triangular viene dada por:

$$m_A(x) = 0, \quad X < a_1$$

$$m_A(x) = (x - a_1) / (a_2 - a_1), \quad a_1 \leq x \leq a_2$$

$$m_A(x) = (a_3 - x) / (a_3 - a_2), \quad a_2 \leq x \leq a_3$$

1.2.6. MODELO DE FLUJO DE CAJA DIFUSO.

Este tipo de modelo es aplicado usualmente en inversiones de capital, mediante la utilización de números difusos para los cálculos. Cuando quienes toman las decisiones se encuentran con datos inciertos o vagos, el uso de un modelo de flujo de caja determinístico, es decir mediante el manejo de información financiera concreta no es necesariamente un método apropiado a seguir. Por otro lado, el modelo de flujo de caja probabilístico, que emplea el cálculo de probabilidades y estadísticas basadas en información financiera disponible, requiere una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para apoyar la recolección de los datos para obtener medias, variancias y distribuciones representativas. En estos casos puede ser útil un acercamiento difuso para tratar el flujo de caja.

1.2.7. MARCO CONCEPTUAL PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE DECISIÓN MULTICRITERIO.

Para la elaboración del marco conceptual para la Resolución de Problemas de Decisión Multicriterio se tomo como base documento “**An integrated fuzzy decision support system for multicriterion decision-making problems**”²⁵

1.2.7.1. Estructura del Marco Conceptual.

Paso 1: Identificar criterios de decisión. Identificar claramente a través de un mapa de estrategia industrial los numerosos factores de decisión. Clasificarlos jerárquicamente y se agrupan en criterios subjetivos y objetivos. Un grupo de personas quienes toman las decisiones que vienen de los diferentes niveles de una compañía o institución, un equipo de expertos de conocimiento o, más bien, stakeholders, son los responsables para evaluar la conveniencia de las m alternativas (A_1, A_2, \dots, A_m) bajo cada uno de los k criterios (C_1, C_2, \dots, C_k) así como la importancia de los criterios. Los criterios subjetivos, tales como la calidad y flexibilidad, deben ser identificados por valoraciones lingüísticas (etiquetas lingüísticas). Por otro lado, los criterios objetivos, como por ejemplo el económico, puede ser evaluado en términos monetarios, por ejemplo costos de inversión y gastos de explotación

Paso 2: Evaluación de criterios. Clasificar los criterios jerárquicamente y agruparlos en criterios subjetivos y objetivos. Se define como criterios subjetivos aquéllos criterios que se describen por valores lingüísticos, algunos ejemplos tales como flexibilidad, productividad, calidad. Todas estas valoraciones lingüísticas se deben convertir en números triangulares difusos (TFN) a través de una escala de clasificación diseñada. Por otro lado, los criterios objetivos, como los económicos, se evalúa en términos monetarios, como por ejemplo costos de la inversión y gastos de explotación que son calculados por el modelo de flujo de caja difuso.

La evaluación de criterios subjetivos. La toma de decisiones multicriterio (MCDM), involucra varios juicios subjetivos por parte de quienes toman decisiones o de

²⁵ CHAN F T S , CHAN H K y CHAN M H.- “An integrated fuzzy decision support system for multicriterion decision-making problems.”. **Structure of the conceptual framework**. 2003

expertos. Por consiguiente, el concepto de variables lingüísticas es muy útil cuando se trata con situaciones que son demasiado complejas para ser descritas razonablemente como expresiones cuantitativas convencionales. Una variable lingüística es una variable cuyos valores son palabras o frases en lenguaje natural o artificial. La información vaga difusa frecuentemente puede expresarse en una expresión (término) lingüística. Los términos lingüísticos no son matemáticamente operables. Para cubrir esa dificultad, cada término lingüístico es asociado con un conjunto difuso o una composición de conjuntos difusos que representan el significado de ese término lingüístico. Se debe definir una escala para el universo, por ejemplo $U = \{\text{muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo}\}$. Este universo de términos verbales puede ser apropiado para describir la fiabilidad de una máquina pero ciertamente no puede ser conveniente para describir la distancia de dos lugares o dos objetos.

El universo puede ajustarse para encajar en la naturaleza de atributos que se usan en un problema de decisión. Por ejemplo, si el precio es uno de los atributos, el posible universo será muy caro, caro, barato, muy barato. Por otro lado, si el tamaño es uno de los atributos, el posible universo será muy pequeño, pequeño, medio, grande, muy grande.

Finalmente, el sistema de escala propuesto es capaz de convertir los términos lingüísticos en números difusos de manera sistemática. Tales características garantizan la consistencia de traducir los términos lingüísticos a números difusos. Además, debe darse énfasis en que los valores lingüísticos son utilizados para evaluar las clasificaciones lingüísticas dadas por quienes toman decisiones así como los pesos lingüísticos asignados a varios criterios de selección.

El peso de importancia de cada criterio puede obtenerse asignando el peso directamente o usando comparaciones de pares indirectamente. Se sugiere que se emplee un conjunto de pesos W , $W = \{MB, B, M, EI, A, MA\}$; donde:

- MB = muy bajo
- B = Bajo
- M = medio

- El = Exactamente Igual
- A = Alto
- MA = Muy Alto;

Para evaluar la importancia de criterio subjetivo y subcriterios. Las funciones miembros de los valores lingüísticos en el conjunto de pesos W son conjuntos como una función triangular difusa. Las expresiones lingüísticas se transforman entonces en números difusos atributo por atributo a través de la escala de clasificación 0.diseñada, como ejemplo se muestra en la tabla No. 3. El proceso continúa hasta que todos los términos lingüísticos bajo todos y cada uno de los atributos se han convertido a números difusos.

	ESCALA LINGÜÍSTICA	ESCALA TRIANGULAR DIFUSA
Muy Alto	MA	(3, 5, 5)
Alto	A	(1, 3, 5)
Medio	M	(1/3, 1, 3)
Exactamente Igual	El	(1, 1, 1)
Bajo	B	(1/5, 1/3, 1)
Muy Bajo	MB	(1/5, 1/5, 1/3)

TABLA No. 3. Escala de Conversión Triangular Difusa.

Evaluación de los criterios objetivos.- Primeramente se definen las operaciones de números triangulares difusos a usar en el procedimiento de evaluación.

Suma. Para la suma difusa se utiliza el símbolo \oplus . Se realiza de la siguiente forma:

Sean los números triangulares difusos $A(x_1, y_1, z_1)$ y $B(x_2, y_2, z_2)$, se tiene:

$$A \oplus B = (x_1 + x_2, y_1 + y_2, z_1 + z_2)$$

Producto. Para el producto difuso se utiliza el símbolo \otimes . Se realiza de la siguiente forma:

Sean los números triangulares difusos $A(x_1, y_1, z_1)$ y $B(x_2, y_2, z_2)$, se tiene:

$$A \otimes B = (x_1 * x_2, y_1 * y_2, z_1 * z_2)$$

División. Para la división difusa se utiliza el símbolo \emptyset . Se realiza de la siguiente forma:

Sean los números triangulares difusos $A(x_1, y_1, z_1)$ y $B(x_2, y_2, z_2)$, se tiene:

$$A \emptyset B = (x_1 / z_2, y_1 / y_2, z_1 / x_2)$$

Potencia. Para elevar un número triangular difuso a una potencia dada se realiza de la siguiente forma:

Sean el número triangular difuso $A(x, y, z)$, para elevarlo a la potencia P se tiene:

$$A^P = (x^P, y^P, z^P)$$

Determinar Pesos Difusos de criterios - objetivos. Para asegurar la compatibilidad entre el costo total difuso (o no-difuso) de los criterios objetivos y las clasificaciones lingüísticas de criterios subjetivos, el costo total difuso (o no-difuso) debe convertirse en índices. La alternativa con el valor máximo de valor presente neto debe tener la clasificación máxima. Basado en el principio declarado anteriormente, los pesos difusos de la alternativa m contra el criterio objetivo puede determinarse normalizando sus valores.

Paso 3: Matrices recíprocas difusas y la media geométrica de la fila. El peso de importancia de cada criterio puede obtenerse ya sea asignando el peso directamente en números triangulares difusos o usando las comparaciones de pares indirectamente. Se sugiere emplear una escala lingüística apropiada (“alto”, “medio” y “bajo”) para evaluar la importancia de los criterios. El peso de importancia puede ser evaluado pidiéndole a cada persona que va a tomar las decisiones que asigne un peso al criterio a través de una escala de clasificación diseñada. Entonces, las matrices recíprocas difusas de varios criterios así como de los subcriterios se construyen.

Una matriz recíproca difusa es una matriz simétrica de números triangulares difusos (TFNs), los ejes horizontal y vertical de la matriz se corresponden a los mismos criterios. De esta forma los valores de la diagonal de la matriz se corresponden a la evaluación de cada criterio contra sí mismo, estos valores son

iguales al elemento neutral de la agregación por media geométrica, el valor que equivale al término de la escala “exactamente igual”, es decir el TFN (1, 1, 1). Además la matriz debe cumplir que:

Para todo elemento a_{ij} de la matriz, que corresponde a la valoración del criterio i respecto al criterio j ; el elemento a_{ji} , que corresponde a la valoración del criterio j respecto al criterio i ; los dos valores deben ser recíprocos de forma que el producto de ambos sea aproximadamente igual al elemento neutral (1, 1, 1). Esta condición garantiza la consistencia de las valoraciones.

La media geométrica de la fila de cada matriz recíproca difusa es calculada. Entonces la normalización de la media de la fila geométrica se obtiene para indicar la importancia en términos de los pesos de cada uno de los criterios así como de subcriterios.

Cuando un grupo de personas que desean tomar decisiones evalúa el conjunto de alternativas (A_1, A_2, \dots, A_m) contra el conjunto de criterios (C_1, C_2, \dots, C_m) , una matriz de clasificaciones puede ser construida con las alternativas a lo largo de un eje y factores a lo largo del otro. Entonces, una matriz recíproca difusa de varios criterios así como subcriterios debería formarse. Los elementos de la matriz recíproca difusa son tales que los productos de cada elemento del triángulo superior con su correspondiente elemento del triángulo inferior debe ser aproximadamente igual a uno. Además, la normalización de la media geométrica de la fila se obtiene para indicar la importancia en términos de los pesos de cada uno de los criterios así como de subcriterios. Sea W_{mk} el peso de A_m contra el criterio C_k , W_k es el peso de criterio C_k y a_{ij} sea el elemento de la matriz recíproca difusa. La media geométrica de la fila está dada por:

$$r_i = (a_{i1} \otimes a_{i2} \otimes a_{i3} \otimes \dots \otimes a_{ik})^{1/k}$$

La media geométrica normalizada de la fila es determinada por la siguiente operación de división:

$$W_k = r_i \oslash (r_1 \oplus r_2 \oplus r_3 \oplus \dots \oplus r_k)$$

Paso 4: Índice apropiado difuso (FAI). Como se ha descrito en los pasos 1 al 3, los pesos del criterio y los pesos de la alternativa con respecto a cada criterio son calculados usando las comparaciones de pares. Sea W_{mk} el peso de A_m contra el criterio C_k , y W_k ser el peso de criterio C_k . Se agrega la jerarquía por los productos correspondientes W_{mk} y W_k abarcando todos los criterios. El índice apropiado difuso FAI_m de la alternativa m -ésima puede obtenerse por el método aritmético estándar, como sigue:

$$FAI_{km} = \frac{1}{k} \otimes [(W_{m1} \otimes W_1) \oplus (W_{m2} \otimes W_2) \oplus \dots \oplus (W_{mk} \otimes W_k)]$$

Cuando el FAI de la m -ésima alternativa se calcula, el próximo paso es ordenar éstos valores de índices para determinar la alternativa más apropiada.

Paso 5: Ordenamiento final de la clasificación. Tradicionalmente, los métodos de solución MCDM asumen que todos los datos de decisión son números ordinarios. Todas las clasificaciones son agregadas en una última clasificación. Como resultado, se retorna las alternativas con las últimas valoraciones superiores para ser elegidos por los encargados de las tomas de decisiones. Dado que las últimas valoraciones son números reales, es posible comparar las últimas valoraciones.

En realidad, las valoraciones para las alternativas pueden ser lingüísticas, difusas o números fijos convencionales. En el caso de las variables lingüísticas, estas serán transformadas por el uso de una escala apropiada en números, sean difusos o fijos. Si las valoraciones son números fijos se pueden comparar fácilmente, ordenándolas de mayor a menor, sin embargo para el caso de números difusos esta comparación no es sencilla, por lo que para la interpretación de los resultados los números difusos deben ser transformados en números fijos equivalentes, por medio de un método de defusificación.

1.2.7.2. Métodos para la obtención de resultados finales.

Los métodos de Chen, Kaufmann y Gupta y Chui and Chan²⁶ son usados para clasificar las valoraciones finales. Los índices apropiados difusos de las m alternativas son representadas por números triangulares difusos TFN(X, Y, Z). Los tres métodos son empleados para visualizar la consistencia de los resultados.

1.2.7.2.1. El Método de Chen.

Gráficamente se describe el rango de exclusión mutua de los proyectos asumiendo un conjunto máximo M. El conjunto M es una línea que conecta los más grandes valores entre los FAI's asumiendo un valor de función miembro de un punto como 1.0. El valor más pequeño de los FAI's asume su valor de función miembro en 0.0. El peso de intersección de M y el lado derecho de los TFN's da el valor de clasificación para cada uno de los proyectos. El proyecto con el valor más grande en la clasificación es preferido.

1.2.7.2.2. El método de Kaufmann y Gupta.

Kaufmann y Gupta recomiendan tres criterios para determinar la mejor alternativa de preferencia como sigue:

Compara los valores de clasificación.

$$\text{Valor de Clasificación} = \frac{X + 2Y + Z}{4}$$

Compara los valores más posibles de Y.

Compara el rango X-Z

Los Índices Apropiados Difusos son comparados por los valores de clasificación. El más grande valor de clasificación significa la mejor alternativa. Sin embargo, si hay 2 FAI's que tengan el mismo valor de clasificación, el valor más posible de Y podría ser usado como un segundo criterio. El más grande valor de Y es la mejor

²⁶ Estos métodos son citados en el marco conceptual de evaluación multicriterio, tomados de las siguientes obras de dichos autores:

CHEN, I. J. "A fuzzy approach for the investment justification of advanced manufacturing technology". Año 1985.

KAUFMANN, A., GUPTA, M. M. "Fuzzy Mathematical Model in Engineering and Management Science", Año 1988.

CHUI, Y. C., CHAN, S. P. "Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion.". Año 1994.

alternativa. Finalmente; si el valor de clasificación y el mejor valor posible de Y son iguales, el último criterio que podría ser usado es el rango $X \pm Z$. El proyecto con el más grande $X \pm Z$ es preferido.

1.2.7.2.3. El método de Chui y Chan.

Chui y Chan sugieren el método de clasificación usando:

$$\text{Valor de Clasificación} = \frac{X + Y + Z}{3} + wY .$$

La alternativa con el más grande valor de clasificación es el mejor valor preferido. Ellos también sugieren que el peso W podría estar en el rango entre 0.1 y 0.3 dependiendo de si o no el mejor valor posible de FAI Y es considerado para ser muy importante. Si el mejor valor posible es muy importante, 0.3 es sugerido, y 0.1 si no lo es.

1.3. PROCESO PARA LA EVALUACIÓN DE PERFILES DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.

1.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Existen en el país las universidades y centros de investigación, que son las entidades encargadas de realizar investigación y aún incluso es esta su razón de ser.

Sin embargo, son insuficientes los recursos en el Ecuador destinados a la investigación, para abastecer todos los proyectos en las universidades y centros de investigación; por este motivo es indispensable garantizar que los recursos sean destinados a aquellos proyectos que representen el mayor beneficio para el país.

Estos proyectos deben cumplir ciertas características, que se detallan a continuación:

- *Los proyectos deben contar con la infraestructura y recursos para llevarse a cabo.* En la actualidad no todas las universidades cuentan con los laboratorios e infraestructura necesaria para llevar a cabo ciertos proyectos propuestos,

mientras otras universidades han sido dotadas con equipos, cuando este es el caso es necesario que el proyecto sea realizado en conjunto entre varias universidades o centros de investigación de tal forma que se utilice correctamente la infraestructura científica y la asignación de los recursos al proyecto sea más eficiente.

- *Los proyectos deben ser claramente aplicables.* Uno de los principales problemas actuales en lo relativo a los proyectos de investigación de las universidades es que cuando se realiza o una vez realizado el proyecto, la transferencia de conocimientos, tecnología y experiencia es muy pobre. Esto ha generado la creencia general de que los proyectos de investigación universitarios no son realmente aplicables en la sociedad. Para contrarrestar esto es necesario que los proyectos sean definidos de una forma que demuestre que su aplicación en la sociedad es perfectamente viable y que se realizará una adecuada transferencia de conocimientos desde las universidades y centros de investigación para lograr una buena aplicación de los resultados de los proyectos en la sociedad ecuatoriana.
- *Los proyectos deben tener un gran impacto y beneficio para la comunidad.* Además de garantizar que los proyectos puedan ser aplicados en la sociedad, es necesario priorizar aquellos proyectos que representen los mayores beneficios para la sociedad y el país en general.

1.3.2. VARIABLES Y PARÁMETROS QUE INTERVIENEN.

Nos basaremos en el documento “METODOLOGÍA PARA EVALUAR LOS PERFILES DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA CONVOCATORIA DE 2005”, elaborado por Roberto Aguiar Falconí.

Este documento fue destinado a la evaluación de los proyectos de investigación presentados en la Fundación para la Ciencia y la Tecnología del Ecuador, FUNDACYT; además del documento Formulario de Calificaciones de Programas o Proyectos, elaborado por el SENACYT, en el 2007, trabajo en el que se realizan algunas modificaciones al documento anterior. El propósito de estos documentos es definir parámetros para la evaluación de los proyectos y la selección de un

número adecuado de ellos, de acuerdo a la realidad ecuatoriana. La definición de estos parámetros fue realizada en la fundación con la colaboración de representantes de los diferentes sectores, como pueden ser la industria, empresarios, inversores, instituciones del estado, universidades e institutos de investigación y desarrollo tecnológico. De esta forma se ha logrado reunir los criterios de los agentes interesados en la evaluación y ejecución de los proyectos de investigación. Para el presente proyecto tomaremos como base esta definición de parámetros para la evaluación de proyectos; consideramos además, que es importante mantener la capacidad de modificación de los parámetros de evaluación para ajustarlos apropiadamente a cada situación en que se pueda aplicar la evaluación de los proyectos, sea a nivel nacional, regional, en el sector público o privado.

En los documentos citados se ha definido cinco parámetros principales para la evaluación de los proyectos de investigación científica, con sus consecuentes especificaciones.

1. Consistencia y Objetivos
2. Impacto potencial
3. Equipo de investigación
4. Gestión del proyecto y plan de ejecución
5. Sostenibilidad del proyecto y transferencia de resultados

Cada parámetro de los definidos anteriormente debe ser evaluado para cada proyecto de investigación, originalmente se había realizado una ponderación de los parámetros como se indica en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	PONDERACIÓN EN PORCENTAJE
Consistencia y Objetivos	70
Impacto Potencial	10
Equipo de investigación	10
Gestión del Proyecto y Plan de Ejecución	5
Sostenibilidad del proyecto y Transferencia de Resultados	5
Total	100

Tabla No. 4. Ponderación Original en el SENACYT de los parámetros de evaluación de proyectos de investigación

Sin embargo, en este proyecto se establecerá una nueva forma de ponderación consensuada utilizando el método AHP²⁷. AHP es una forma de ponderación conveniente en situaciones en las cuales se requiere la integración de valoraciones provenientes de agentes de distinta naturaleza.

A continuación pasamos a analizar cada parámetro de los definidos anteriormente para conocer sus características y componentes.

1.3.2.1. Consistencia y Objetivos.

En este caso, bajo la denominación de consistencia se ha buscado reunir a varios subparámetros abarcando lo referente a la metodología del proyecto, calidad científica y pertinencia del proyecto.

La metodología por definición es el estudio del método. Se refiere a la aplicación específica de un método, en este caso, a un proyecto de investigación científica.

De esta forma la parte fundamental de la metodología se constituye en el marco teórico, en base al cual se estudia y aplica el método determinado para conseguir los objetivos perseguidos en el proyecto.

Además del marco teórico, como parte de la metodología se debe considerar al método en sí mismo, y la percepción y conocimiento de los objetos.

Juntos estos parámetros permiten obtener una evaluación que represente la consistencia del proyecto, es decir una evaluación o verificación de la información presentada en el proyecto, la relación de los objetivos con la planificación, la firmeza del proyecto. Es importante mencionar que en la evaluación de la consistencia del proyecto es necesario considerar la información técnica del mismo, debe ser validada por un experto y se debe revisar la aplicación de normas y políticas.

En esta clasificación constan también los objetivos del proyecto.

²⁷ AHP establece un proceso claramente definido para la determinación de los criterios de evaluación y su importancia relativa, aplicando un modelo jerárquico en el que intervienen todas las partes interesadas en la evaluación, de esta forma logrando un consenso entre todas las partes involucradas.

Como hemos mencionado anteriormente, uno de los aspectos más importantes de un proyecto de investigación es el establecimiento de sus objetivos. Básicamente se definen como las metas últimas que se desea alcanzar con la puesta en práctica del proyecto.

Establecer los objetivos es un proceso fundamental en la gestión de los proyectos, y estos deben ser planteados de forma clara y precisa. Es conveniente también la contemplación de un mecanismo para la modificación de los objetivos en el estricto caso de ser necesario.

Además el establecimiento de objetivos va de la mano con el establecimiento de métricas para la medición de los mismos.

La claridad de los objetivos radica en que estos sean realizables y que se puedan medir; asimismo objetivos de largo plazo requieren la determinación de hitos en el transcurso del proyecto.

En algunos proyectos la definición de los objetivos con claridad puede resultar difícil, sin embargo no debe omitirse, por ejemplo en proyectos de alto riesgo; en ocasiones los objetivos del proyecto presentarán datos con ciertas incertidumbres o imprecisiones.

Para analizar los objetivos de un proyecto es necesario analizar los aspectos que implican estos objetivos, como por ejemplo su aplicabilidad real, impacto y beneficio para la sociedad; además se debe considerar la existencia de un objetivo general y varios objetivos específicos.

1.3.2.2. Impacto Potencial.

Conjuntamente con el impacto del proyecto debemos analizar la aplicabilidad del mismo.

La aplicabilidad se refiere a la generalidad o posibilidad de utilización del proyecto, es decir, en qué medida el proyecto se puede aplicar para la realidad socio-económica en cuestión, en este caso a la situación ecuatoriana. En

ocasiones para evaluar la aplicabilidad de un proyecto se requiere respaldos institucionales.

En general se considera importante, para asegurar la aplicabilidad de los proyectos, una constante comunicación e intercambio con los usuarios, tanto en el sector privado como en el sector público.

El impacto de un proyecto se puede definir como una medida de los efectos y repercusiones de la aplicación del mismo. Determina qué tan beneficioso puede ser el proyecto para la sociedad. Además se debe considerar el impacto que el proyecto puede tener en el conocimiento científico y tecnológico, con los efectos que produce el conocimiento generado en este ámbito.

1.3.2.3. Equipo de Investigación.

La parte fundamental del equipo de investigación es el recurso humano como tal.

El recurso humano de un proyecto se refiere a las personas que participan en la realización del proyecto, por ejemplo científicos, asesores, miembros del equipo de recolección de datos, etc., especificando la calificación profesional y su función en la investigación.

El recurso humano es una parte fundamental dentro de un proyecto de investigación; si consideramos que el éxito de un proyecto radica en su capacidad para generar nuevo conocimiento, además de la capacidad de explotar eficientemente el conocimiento ya existente y asimilarlo, podemos concluir con certeza que la participación de recurso humano calificado en el proyecto es un factor decisivo para su consecución exitosa.

En este caso es necesario considerar algunos aspectos relativos al recurso humano como son la formación académica, experiencia y éxito del personal en proyectos anteriores, número de personas integrantes del recurso humano, etc.

Requiere especial atención en este punto la persona que se desempeñará como director del proyecto.

1.3.2.4. Gestión del Proyecto y Plan de Ejecución.

Como habíamos mencionado previamente respecto a los objetivos del proyecto, un aspecto importante es definir cómo la consecución de los objetivos va a ser medida. Es decir, cómo se va a realizar el seguimiento del proyecto.

Dentro de la gestión del proyecto y el plan de ejecución se debe considerar por tanto los hitos de evaluación, métricas, el cronograma de ejecución y además se debe evaluar los recursos del proyecto en la medida que permitan obtener los objetivos planificados, y la posible presencia de un exceso o déficit.

1.3.2.5. Sostenibilidad del Proyecto y Transferencia de Resultados.

La sostenibilidad del proyecto incluye varios aspectos, entre ellos, una vez más considerando el presupuesto del proyecto, para que este sea sostenible se debe asegurar que el proyecto conste de un elemento de control y auditoría que se encargue de verificar el correcto uso de los fondos. En este punto para la sostenibilidad del proyecto también se debe considerar la infraestructura con la que cuenta el proyecto. Por un lado se debe considerar los laboratorios, se debe revisar la calidad y capacidad de los laboratorios, de tal forma que satisfagan la consecución de los objetivos del proyecto.

El acceso a material bibliográfico también es de consideración en este punto, es importante mencionar las fuentes bibliográficas que dispondrá el proyecto, el acceso a Internet, bibliotecas virtuales, etc.

Como parte de la sostenibilidad del proyecto debemos incluir también la experiencia del equipo, tanto técnica, administrativa y económica.

Ahora bien la sostenibilidad del proyecto también está relacionada al presupuesto del proyecto como tal.

Es claro que el presupuesto se refiere a la parte económica del proyecto. Sin embargo la evaluación de este rubro va más allá que simplemente considerar que mientras mayor sea la inversión en un proyecto sus resultados sean mejores,

incluso en muchas ocasiones se ha constatado que esta afirmación no es verdadera.

Por este motivo es necesario considerar más allá de la cantidad, la distribución que se ha realizado de la cantidad presupuestada en el proyecto. Específicamente en este caso, se va a considerar la distribución del presupuesto entre los siguientes aspectos importantes del proyecto:

- Recurso Humano
- Compra de equipos
- Transferencia de tecnología
- Adquisición de Bibliografía
- Capacitación de las personas
- Subcontratación
- Adquisición de materiales

Cabe mencionar que en el caso de la capacitación de las personas y subcontratación se considera que la inversión en estos campos debe tender a ser baja o mínima dado que el objetivo que se busca es que en los proyectos participe y se logre el aprovechamiento de la gente del país con un buen nivel de preparación, además de que las instituciones participantes en los proyectos tengan la capacidad de realizar todos los trabajos incluidos en el proyecto sin necesidad de realizar subcontratación, de esta forma la evaluación de estos campos será un tanto diferente a la de los demás, como veremos a continuación.

En cuanto a la transferencia de resultados, nos referimos a la forma en que los resultados del proyecto una vez que los objetivos hayan sido alcanzados, pueden pasar a la aplicación real en la sociedad, en el sector público o privado, y también la transferencia del conocimiento científico desarrollado con el proyecto hacia la comunidad científica. Se debe tomar en cuenta la elaboración de un plan concreto para la realización de esta transferencia.

1.3.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Una vez que hemos definido los parámetros para la evaluación de los proyectos vamos a determinar cómo se realizará la evaluación de los mismos.

Para esto emplearemos, como habíamos mencionado anteriormente un marco conceptual basado en Fuzzy Decision Making, que en resumen, permitirá lo siguiente:

Determinar los criterios y/o objetivos para la evaluación de los proyectos de investigación científica.

Determinar los pesos relativos de los criterios y/u objetivos

Obtener las evaluaciones subjetivas e imprecisas por parte de los evaluadores pertenecientes a cada parte interesada en el proyecto para cada criterio/objetivo por cada proyecto.

Para tratar cuantitativamente con imprecisiones e incertidumbres, los datos serán representados por números triangulares difusos.

Uno o varios métodos de toma de decisiones multicriterio difusa (Fuzzy Multicriteria Decision Making - FMCDM) son aplicados sobre los datos.

Integrar las valoraciones y pesos de los datos obtenidos en el paso anterior para permitir seleccionar las mejores opciones.

Determinar el orden preferencial de las opciones según el método determinado.

A continuación definiremos a profundidad cada uno de los pasos mencionados.

1.3.3.1. Determinación de los criterios/objetivos para la evaluación de los proyectos de investigación científica.

Para la determinación de los criterios y/o objetivos en base a los cuales se realizará la evaluación de los proyectos de investigación se utilizará un método analítico, este método es AHP (Proceso Jerárquico Analítico – Analytical Hierarchical Process).

AHP para análisis de toma de decisiones fue introducido por Saaty²⁸, desde entonces su aplicación se ha extendido hacia la selección de proyectos y priorización.

AHP es un método que permite definir de forma jerárquica factores, atributos, elementos o alternativas, en este caso criterios y objetivos; y mediante el empleo de comparaciones en pares permite determinar el peso y la prioridad de los criterios definidos.

Lo primordial en el uso de AHP para la toma de decisiones en la evaluación de proyectos es que permite construir acuerdo y consenso entre todas las partes interesadas, además de su facilidad de uso y su práctica intuitiva.

Cabe destacar que la aplicación de AHP es independiente de la aplicación de la lógica difusa y programación matemática, que se realiza posteriormente en este marco conceptual; sin embargo es necesario mencionar que en el método AHP intervienen juicios subjetivos por parte de los expertos, de esta forma la utilización de la lógica difusa en la evaluación es una opción bastante recomendada y que produce resultados óptimos.

En los pasos anteriores habíamos analizado los parámetros definidos para la evaluación de los proyectos, ahora basándonos en esta información corresponde, como parte del método AHP, establecer un modelo jerárquico en el que consten todos los criterios y objetivos para la evaluación de los proyectos de investigación.

²⁸ La aplicación de AHP para análisis de toma de decisiones fue presentada en la obra “A scaling method for priorities in hierarchical structures” por Saaty T.L, en el año de 1977.

En el proceso AHP se clasifican tanto los objetivos como los criterios de evaluación basados en los parámetros definidos anteriormente, como habíamos visto en el paso anterior, se obtuvieron cinco agrupaciones principales que son: consistencia y objetivos, impacto potencial, equipo de investigación, gestión del proyecto y plan de ejecución, sostenibilidad del proyecto y transferencia de resultados; sin embargo, no se cuenta con una jerarquía definida.

Es así, que, para la aplicación de AHP es necesario modificar la forma en que habían sido definidos estos parámetros y ubicarlos de una manera jerárquica de modo que cada parte interesada en la evaluación del proyecto pueda dar su calificación subjetiva de la importancia relativa de cada parámetro y después consensuar estos valores.

Asimismo incluimos en la jerarquía criterios nuevos que deben ser considerados debido a que en la ponderación de los mismos intervendrán varios agentes, primero definimos a dichos agentes o grupos, cada grupo que intervenga debe asignar uno o varios expertos en su campo para realizar la valoración relativa de los criterios y a partir de estos datos se debe obtener los pesos relativos de cada criterio:

No.	GRUPO	DESCRIPCIÓN
1	Instituciones Estatales	Instituciones parte del estado que participen en la investigación, patrocinen o financien la misma
2	Instituciones Académicas y de Investigación	Universidades o institutos de investigación y desarrollo participantes en la investigación
3	Sector privado	Expertos de la industria, inversores

Tabla No. 5. Grupos que intervienen en la valoración de los criterios de evaluación

Ahora para el establecimiento de la jerarquía de los criterios de evaluación nos basaremos en la aplicación de FMCDM para la selección de proyectos de investigación y desarrollo de tecnología auspiciados por el gobierno, en el Instituto de Investigación de Tecnología Industrial, en Taiwán.²⁹

²⁹ En el texto “Fuzzy Multiple Criteria Selection of Government Sponsored Frontier Technology R&D Projects”, los autores describen la aplicación de una metodología de selección multicriterio con lógica difusa (FMCDM) para la valoración y selección de proyectos. Esta se realizó en el Instituto de Investigación de Tecnología Industrial (Industrial Technology Research Institute - ITRI) en Taiwán. La obtención de los pesos relativos para la valoración de los criterios se realiza mediante la aplicación de AHP definiendo cuatro niveles de jerarquía para los criterios de evaluación de los proyectos de investigación.

Se ha decidido aplicar una similar estructura jerárquica para la priorización de los criterios dado que la aplicación de AHP en el caso citado es bastante similar a la situación que abarca el presente trabajo. Ambos presentan la evaluación y ponderación de proyectos de investigación como su principal objetivo, claro está, con sus diferencias coyunturales.

Entonces los niveles jerárquicos en los cuales se agruparán los criterios de evaluación son los siguientes:

1. Meta
2. Aspectos
3. Objetivos
4. Criterios

En el siguiente gráfico podemos ver la estructura base de la jerarquía de los criterios de evaluación

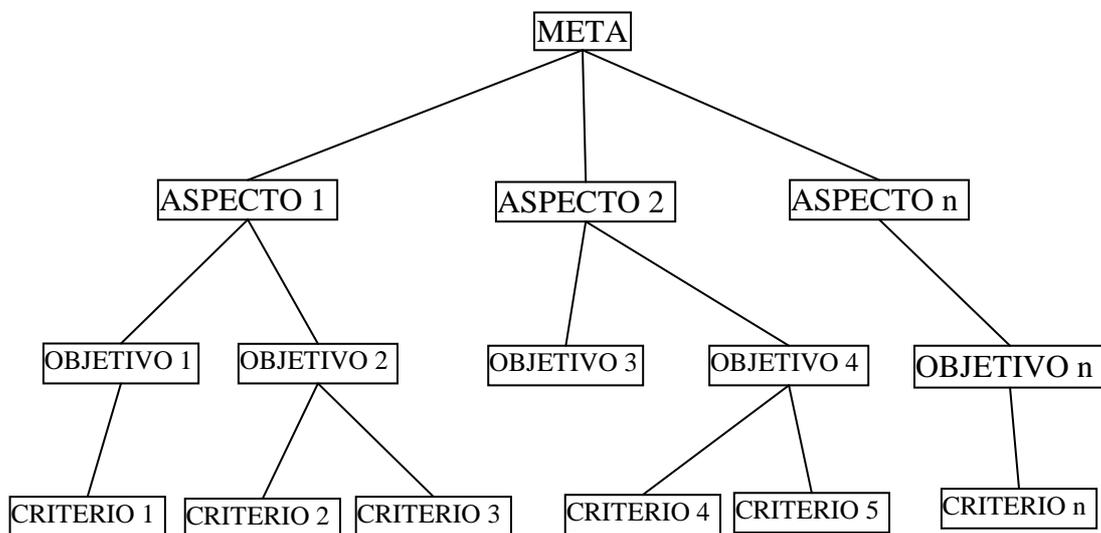


Figura No. 10. - Estructura base de la jerarquía de los criterios/objetivos de evaluación

A continuación definimos cada uno de los niveles de jerarquía de los criterios de evaluación.

1.3.3.1.1. Niveles de jerarquía de los criterios de evaluación de proyectos.

1.3.3.1.1.1. Meta.

Constituye la raíz de la jerarquía. La meta se refiere al objetivo principal de este trabajo, es decir la evaluación de perfiles de proyectos de investigación.

1.3.3.1.1.2. Aspectos.

Los aspectos son agrupaciones generales de los criterios de evaluación. Como habíamos visto antes, se han definido cinco agrupaciones principales de los criterios de evaluación, de esta forma, estos grupos definidos se corresponden a los aspectos en esta jerarquía.

Entonces, los aspectos determinados para la jerarquía de los criterios de evaluación son:

- Consistencia y Objetivos
- Impacto Potencial
- Equipo de investigación
- Gestión del Proyecto y Plan de Ejecución
- Sostenibilidad del proyecto y Transferencia de Resultados

1.3.3.1.1.3. Objetivos.

Los objetivos son agrupaciones más específicas de los criterios de evaluación. Dentro de cada aspecto de la jerarquía, se procederá a definir objetivos que se persiguen relativos a dicho aspecto. Por ejemplo, para el aspecto que agrupa consistencia y objetivos, uno de los objetivos puede ser beneficios económicos, mientras otro puede ser beneficios sociales.

Para evitar ambigüedades, aclaramos que el tercer nivel de jerarquía, los objetivos, se refiere a metas comunes para agrupar a los criterios de evaluación que corresponden a cada aspecto de la evaluación, no a los objetivos del proyecto, que como tales se agrupan en el primer aspecto definido: Consistencia y objetivos.

Los objetivos se definen para cada aspecto:

- Consistencia y Objetivos
 - Consistencia del proyecto
 - Obtención de los objetivos
- Impacto potencial
 - Aplicabilidad
 - Impacto
- Equipo de investigación
 - Director del proyecto
 - Equipo del proyecto
- Gestión del Proyecto y Plan de Ejecución
 - Planificación
 - Seguimiento del proyecto
- Sostenibilidad del proyecto y Transferencia de Resultados
 - Ejecución óptima del proyecto
 - Transferencia de resultados exitosa

1.3.3.1.1.4. Criterios.

Este nivel de jerarquía corresponde a los criterios de evaluación específicos. A éstos específicamente los expertos asignarán un peso de importancia relativo. La aplicación de AHP permite además obtener valoraciones relativas entre aspectos y objetivos. Es importante para comprender la forma en que los expertos han valorado a los criterios de evaluación de los proyectos. Obviamente esto dependerá de la naturaleza de los proyectos a ser evaluados, pudiendo ser más importantes aspectos sociales, económicos, científicos, según el caso.

1.3.3.1.2. Definición de los criterios de evaluación específicos.

Para este momento contamos con la meta, aspectos y objetivos de la jerarquía definidos, de tal forma que resta por especificar los criterios dentro de cada objetivo y a su vez clasificarlos dentro de cada aspecto. Se definen de la siguiente forma:

1.3.3.1.2.1. Aspecto: Consistencia y Objetivos.

Consistencia del proyecto

- Formulación del problema y del proyecto

- Originalidad
- Calidad de la metodología utilizada
- Calidad científica
- Marco teórico
- Tipo y diseño de la investigación adecuados
- Aplicación de estándares, normas y políticas

Obtención de los objetivos

- Congruencia de los objetivos
- Claridad y precisión en la definición de los objetivos
- Relación de los objetivos con la planificación
- Métricas y medición de los objetivos, técnicas estadísticas

1.3.3.1.2.2. Aspecto: Impacto potencial.

Aplicabilidad

- Aplicabilidad de los resultados del proyecto
- Generalidad de la aplicación del proyecto
- Respaldo institucional

Impacto

- Impacto en el conocimiento científico y comunidad científica
- Impacto en aspectos sociales
- Impacto en aspectos económicos
- Impacto sobre otros proyectos
- Efectos de la calidad de los resultados

1.3.3.1.2.3. Aspecto: Equipo de investigación.

Director del proyecto

- Nivel académico del director del proyecto.
- Experiencia del director del proyecto en gestión
- Experiencia del director del proyecto relacionada con el tema.
- Publicaciones realizadas por el director del proyecto

Equipo del proyecto

- Número adecuado de personas integrantes del grupo
- Nivel académico del grupo
- Experiencia del grupo
- Éxito del grupo en proyectos anteriores
- Reputación del grupo

1.3.3.1.2.4. Aspecto: Gestión de Proyecto y Plan de Ejecución.

Planificación

- Cronograma adecuado
- Presupuesto adecuado, exceso, déficit

Seguimiento del proyecto

- Importancia del seguimiento y evaluación
- Variables, indicadores, métricas
- Hitos de evaluación

1.3.3.1.2.5. Aspecto: Sostenibilidad del Proyecto y Transferencia de Resultados.

Ejecución óptima del proyecto

- Presupuesto respecto a la obtención de objetivos
- Control y auditoría
- Laboratorios e infraestructura
- Acceso a material bibliográfico
- Experiencia técnica
- Experiencia administrativa
- Experiencia económica
- Asignación del presupuesto al recurso humano
- Asignación del presupuesto a equipos y materiales
- Asignación del presupuesto a bibliografía
- Asignación del presupuesto a capacitación
- Asignación del presupuesto a subcontratación

Transferencia de resultados exitosa

- Transferencia de conocimientos
- Transferencia de tecnología
- Asignación del presupuesto a transferencia de conocimientos y tecnología.

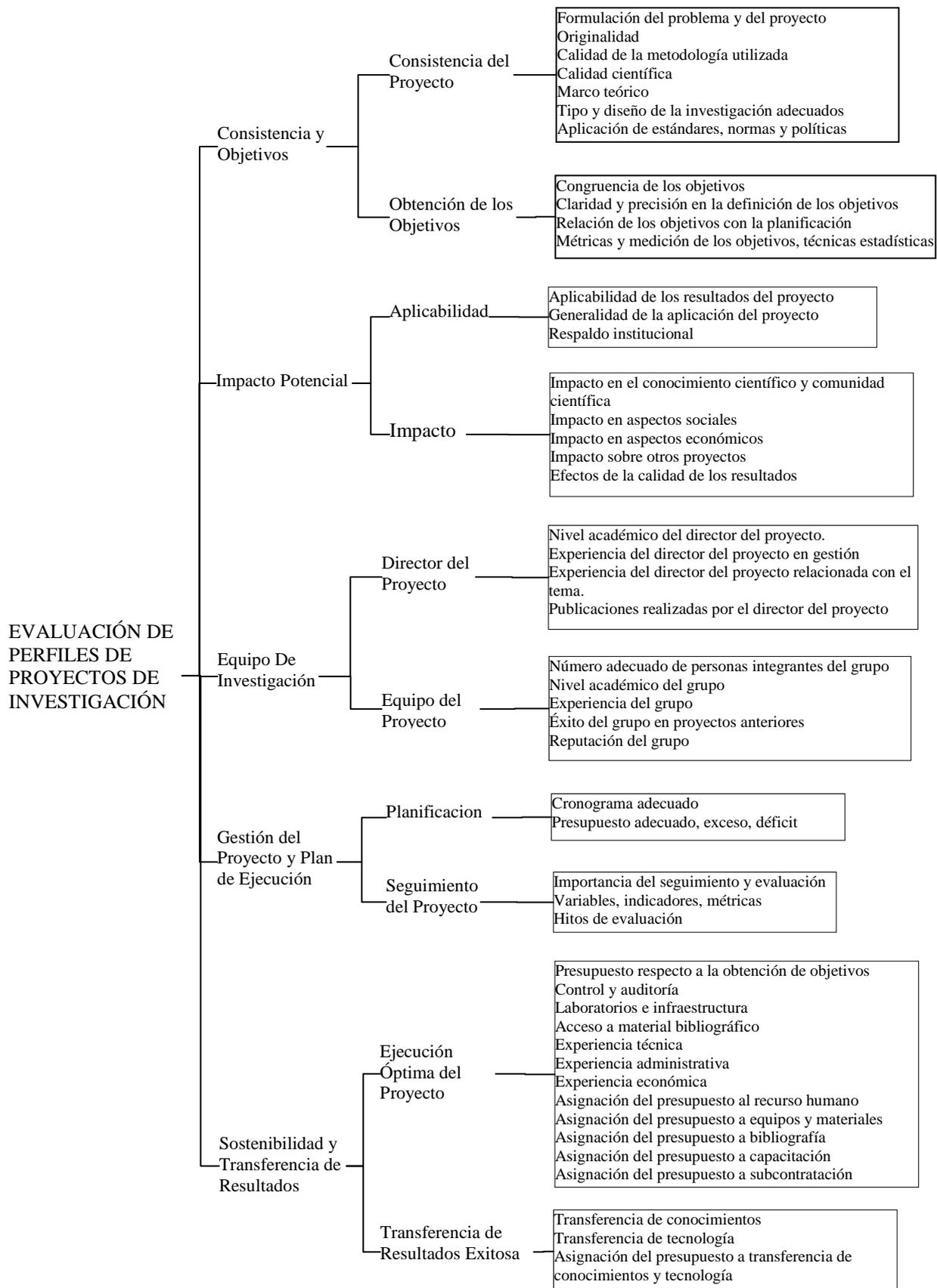


Figura No. 11. – Jerarquía de los Criterios de Evaluación

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Consistencia y Objetivos	
Formulación del problema y el proyecto	El planteamiento del problema y proyecto debe ser consistente y demostrar un buen conocimiento del tema
Congruencia de los objetivos	Los objetivos deben mantener una relación coherente con el problema descrito, solucionar las preguntas planteadas
Claridad y precisión en la definición de los objetivos	Los objetivos deben ser definidos de forma clara y precisa
Originalidad	El proyecto es una propuesta única, cuenta con el conocimiento requerido y el grupo es el apropiado, la investigación es oportuna
Calidad de la metodología utilizada	El marco teórico es consistente, la metodología es adecuada
Tipo y diseño de la investigación adecuados	El tipo y diseño de la investigación son adecuados y guardan relación con el problema
Calidad científica	Calidad en el aspecto científico de la investigación
Marco Teórico	Presentación de un marco teórico consistente, correctamente formulado, representa un conocimiento profundo del tema
Relación de los objetivos con la planificación	La relación de los objetivos con la planificación es consistente y garantiza la consecución de los mismos
Aplicación de estándares, normas y políticas	Importancia de la aplicación de estándares, normas y políticas como parte del proyecto
Métricas y medición de los objetivos, técnicas estadísticas	Métricas y técnicas adecuadas para la obtención de resultados y su presentación
Impacto potencial	
Aplicabilidad de los resultados del proyecto	En qué medida los resultados pueden ser aplicados en la realidad del país
Generalidad de la aplicación del proyecto	La aplicación de los resultados puede ser general hacia varios agentes y sectores
Impacto en el conocimiento científico y comunidad científica	Los resultados de la investigación serán de importancia para la comunidad científica
Impacto en aspectos sociales	Los resultados de la investigación serán de utilidad e importancia para la sociedad y el nivel de vida
Impacto en aspectos económicos	Los resultados de la investigación beneficiarán a la economía
Respaldo institucional	La importancia de que el proyecto cuente con respaldo de instituciones beneficiarias o auspiciantes
Impacto sobre otros proyectos	Importancia de la obtención de los objetivos para otros proyectos
Efectos de la calidad de los resultados	Qué tan importante es la calidad de los resultados del proyecto, sean productos, conocimiento, etc.
Equipo de investigación	
Nivel académico del director del proyecto.	El director del proyecto tiene un título académico alto (Ej. Phd)
Experiencia del director del proyecto en gestión	Cuánta experiencia tiene el director en gestión de forma que beneficie la gestión del proyecto actual
Experiencia del director del proyecto relacionada con el tema.	Importancia de la experiencia del director del proyecto referente al tema del proyecto

Publicaciones realizadas por el director del proyecto	Importancia de las publicaciones realizadas por el director del proyecto que demuestren su conocimiento y experiencia
Número adecuado de personas integrantes del grupo	El número de personas que integran el grupo de trabajo es adecuado para la realización exitosa del proyecto
Nivel académico del grupo	Títulos académicos que tienen los miembros del grupo
Experiencia del grupo	Experiencia que tiene el grupo en la realización de proyectos de investigación y desarrollo
Éxito del grupo en proyectos anteriores	Qué medida de éxito ha tenido el grupo en los proyectos anteriores
Reputación del grupo	Importancia de la reputación y credibilidad del grupo
Gestión de Proyecto y Plan de Ejecución	
Importancia del seguimiento y evaluación	Qué tan importante es el seguimiento y evaluación en el proyecto
Variables, indicadores, métricas	Evaluación de las variables, indicadores y métricas para el seguimiento
Hitos de evaluación	En qué medida es importante la marcación de hitos para el seguimiento del proyecto
Cronograma adecuado	El cronograma definido es consistente y adecuado
Presupuesto adecuado, exceso, déficit	El presupuesto presentado es adecuado sin exceso o déficit
Sostenibilidad del Proyecto y transferencia de Resultados	
Presupuesto respecto a la obtención de objetivos	El presupuesto es adecuado para la obtención absoluta de los objetivos
Control y auditoría	Importancia de el establecimiento de control y auditoría del presupuesto
Transferencia de conocimientos	Importancia de la transferencia de conocimientos y su planeación
Transferencia de tecnología	Importancia de la transferencia de tecnología y su planeación
Laboratorios e infraestructura	El proyecto constará con los laboratorios e infraestructura requeridos
Acceso a material bibliográfico	El proyecto cuenta con un acceso a las fuentes requeridas garantizado
Experiencia técnica, administrativa y económica	Impacto e importancia de la experiencia del grupo en el proyecto
Asignación del presupuesto	Evaluación de que presupuesto ha sido asignado correctamente

Tabla No. 6. Definición de los criterios de evaluación

1.3.4. PROCESO DE SELECCIÓN.

Para este punto los expertos habrán evaluado la importancia relativa de los criterios, además habrán asignado un valor de importancia a cada criterio para cada perfil de proyecto, utilizando una escala adecuada para la transformación de los datos a números triangulares difusos. Estos son los datos de entrada para el proceso.

Los datos de entrada serán procesados utilizando el marco conceptual para la resolución de problemas de decisión multicriterio, tratado en el capítulo anterior, esto requiere procesamiento matemático complejo como habíamos visto antes. Se obtendrá entonces la valoración respectiva de cada proyecto y se presentarán los resultados.

Los resultados mostrarán el orden preferencial de los proyectos que fueron evaluados, esta información será utilizada por los directivos y personas encargadas de realizar la toma de decisiones respecto a la selección de proyectos.

1.4. RUP COMO METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

El proceso de desarrollo unificado permite guiar a los equipos a administrar el desarrollo iterativo de un proyecto de manera controlada consiguiendo balancear los requerimientos del negocio, los inconvenientes que pueden surgir (riesgos), el tiempo con el que se cuenta para el desarrollo.

Este proceso permite describir los diversos pasos involucrados en el entendimiento o captura de requerimientos y permite establecer una guía arquitectónica de manera rápida para conseguir diseñar y probar un sistema hecho de acuerdo a los requerimientos y a la arquitectura propuesta.

El proceso unificado es soportado por herramientas que automatizan de manera gráfica el modelado, la administración de cambio y las pruebas necesarias a realizar.

Su enfoque está caracterizado por que:

- Interactúa con el usuario desde el inicio.
- Ayuda a mitigar los riesgos antes de que estos ocurran.
- Liberaciones frecuentes.
- Aseguramiento de la calidad.
- Involucra al equipo en todas las decisiones del proyecto.

- Se puede anticipar al cambio de los requerimientos.

Según Booch (1.998), las características primordiales del proceso unificado son:

- Iterativo e Incremental
- Centrado en la arquitectura.
- Guiado por casos de usos.
- Confrontación de riesgos.

Se lo considera un proceso porque permite definir quién está haciendo qué, cuándo hacerlo y cómo alcanzar los objetivos propuestos, siendo en este caso el desarrollo de un proyecto de software.

Se maneja conceptos claves que son:

- Fase e iteraciones.- ¿Cuándo se hace?
- Flujos de trabajo de procesos (actividades y pasos).- ¿Qué se está haciendo?
- Artefactos (modelos, reportes, documentos).- ¿Qué se produjo?
- Trabajador.- ¿Quién lo hace?

El ciclo de vida del software en el proceso unificado se cumple por medio de fases las cuales son:

- Concepción.- Permite definir el alcance del proyecto y además se definen los caso de uso.
- Elaboración.- Permite proyectar un plan, define las características y cimenta la arquitectura.
- Construcción.- Es crear el producto.
- Transición.- Es transferir el productos a los usuarios finales.

CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE PERFILES DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA.

2.1. REQUERIMIENTOS.

2.1.1. CONCEPCIÓN.

Concepción PI: HEPPIC 1.0

Nombre Empresa: LOGICSOFT

Dirección: Chillogallo, Barrio “Venceremos” Calle B casa Oe 12-457

Teléfono: 3034951

Misión:

Ofrecer el servicio de desarrollo de software utilizando lógica difusa en un ambiente web que permitan evaluar perfiles de proyectos de investigación científica

Problema y Solución:

La evaluación de perfiles de proyectos de investigación científica se realiza de manera manual por lo tanto es importante automatizar el proceso utilizando herramientas de software libre para disminuir costos en un ambiente web, que sea lo más parametrizable posible aplicando el Proceso Jerárquico para la organización de los criterios de evaluación.

La evaluación de perfiles de proyectos de investigación científica requiere la participación de muchos expertos de varios campos de la ciencia y la administración, muchas veces en la evaluación no se considera la opinión de varios expertos que ciertamente enriquecería al proceso de evaluación. Aún en el caso de que se hayan obtenido las valoraciones de los expertos estas no pueden

ser integradas debido a la multitud de campos en los que dichos expertos han expresado sus valoraciones y preferencias.

La toma de decisiones mediante el uso de lógica difusa y el proceso jerárquico analítico permiten integrar estas valoraciones de una forma coherente y objetiva, arrojando un resultado en el que se incluye a todos los expertos que intervienen en la evaluación.

Documentación y Definiciones del Proyecto:

Documentos en MsWord y formato PDF, manual de usuario y manual de instalación, diccionario de datos.

Documentación con Enterprise Architect Advanced Modeling with UML 2: Documentación de análisis O.O, diseño O.O: Diseño de la Componente del Dominio del Problema, casos de uso, diagramas de interacción.

Código fuente: Páginas JSP's creadas con Eclipse, código fuente de clases Java, utilizando los frameworks Struts, Spring, los datos se almacenarán en base de datos MySQL. Otros archivos necesarios para ejecutar la aplicación (algunos XML). Archivo de IZ-Pack utilizado para crear el instalador.

Instalador: Programa de instalación que instala automáticamente los siguientes paquetes necesarios para la ejecución del sistema: Paquetes del sistema, drivers JDBC para la base de datos y librerías requeridas.

El instalador requiere la previa instalación y configuración de los siguientes programas: JDK v5 o superior, servidor de aplicaciones JBoss 4.0.5GA o superior, servidor de base de datos MySQL. Este instalador no se encarga de instalar la base de datos, por lo que después de realizar la instalación es necesario ejecutar una subaplicación que realiza la creación de la base de datos y parametrización inicial del sistema

Prefactibilidad:

La siguiente es una evaluación subjetiva del equipo de trabajo.

Económico: 90%

La inversión necesaria para el desarrollo del proyecto se la cubre obteniendo un préstamo.

Técnico: 75%

Se tiene la suficiente experiencia en el lenguaje de programación y en el manejo del motor de base de datos seleccionados, además se cuenta con experiencia en los frameworks que se utilizarán, sin embargo es necesaria la investigación de los procesos matemáticos que envuelve la toma de decisiones utilizando lógica difusa para poder desarrollar la aplicación.

Social: 90%

Este proyecto tiene un impacto social positivo porque ayudaría de gran manera a la empresa en la que se lo implemente, en la toma de decisiones en la organización, debido a que está diseñado para ser parametrizable y puede ayudar a realizar el proceso de manera automática, ágil, transparente.

Promedio: 83% => Es posible realizar el proyecto.

2.1.2. PROPÓSITO.

El presente documento tiene por objetivo especificar todos los aspectos relacionados con la primera etapa del desarrollo de la **“HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE PERFILES DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA”**.

Esta etapa es de suma importancia ya que permite establecer o definir los requerimientos que servirán como base para la implementación de la mencionada herramienta.

2.1.3. LCANCE DEL PRODUCTO.

La herramienta a desarrollarse permitirá tomar la información de los perfiles de proyectos de investigación científica (objetivos, tiempo de realización, grupo de trabajo, costos, etc.), ésta información pasará a componer los parámetros que tendrán que ser evaluados por un grupo de personas (evaluadores) y se aplicara el método AHP (Proceso Jerárquico Analítico) para establecer una valoración relativa y consensuada de los mismos. Como siguiente paso se aplicará programación matemática difusa utilizando Fuzzy Decision Making para la valoración y ponderación final de los perfiles de proyectos; y entonces se presentará la ponderación realizada.

El sistema de software será parametrizable, se podrá ajustar a la realidad de la empresa y el entorno en el que sea implantado.

2.1.4. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO MEDIANTE UN NOMBRE.

HEPPIC – Herramienta de Evaluación de Perfiles de Proyectos de Investigación Científica

2.1.5. RESPONSABILIDADES Y EXCLUSIONES.

2.1.5.1. Responsabilidades.

- Almacenar de forma persistente la información de configuración de las evaluaciones de perfiles de proyectos de investigación, así como los resultados obtenidos en las evaluaciones.
- Gestionar (ingresar, eliminar, modificar, consultar) la información de los evaluadores y su autenticación y autorización.
- Gestionar la información del proceso de parametrización de los criterios que serán evaluados, esto se realizara una sola vez y será encargado de realizarlo un usuario con perfil de administrador (Experto designado para realizar el proceso).

- Procesar las evaluaciones de perfiles de proyectos de forma objetiva, considerando todas las opiniones ingresadas por los expertos evaluadores.
- Mostrar los resultados de las evaluaciones con la información relevante para los usuarios.
- Gestionar información de los usuarios de la aplicación con sus respectivos perfiles (Administradores, evaluadores, etc.).

2.1.5.2. Exclusiones.

- Describir el proceso de evaluación desde la herramienta, dado que realizará procesos matemáticos complejos.

2.1.6. APLICACIONES DEL SOFTWARE. BENEFICIOS, OBJETIVOS Y METAS.

- La herramienta debe ser diseñada de tal manera que pueda ser ejecutada a través de Internet y accesible desde cualquier lugar vía web.
- La herramienta debe satisfacer las expectativas de los evaluadores, esto se logrará con interfaces fáciles de interpretar y con consistencia en los datos que se guarden.
- Permitir que se obtenga resultados confiables, procesados por medio de la herramienta.
- La herramienta será de utilidad para la gestión de proyectos de investigación, y configurable según las necesidades de la entidad en la que se implemente.
- La herramienta debe ser de utilidad para la toma de decisiones por parte de los directivos de la organización encargada de la evaluación de proyectos de investigación científica.

2.1.7. MODELO DEL NEGOCIO.

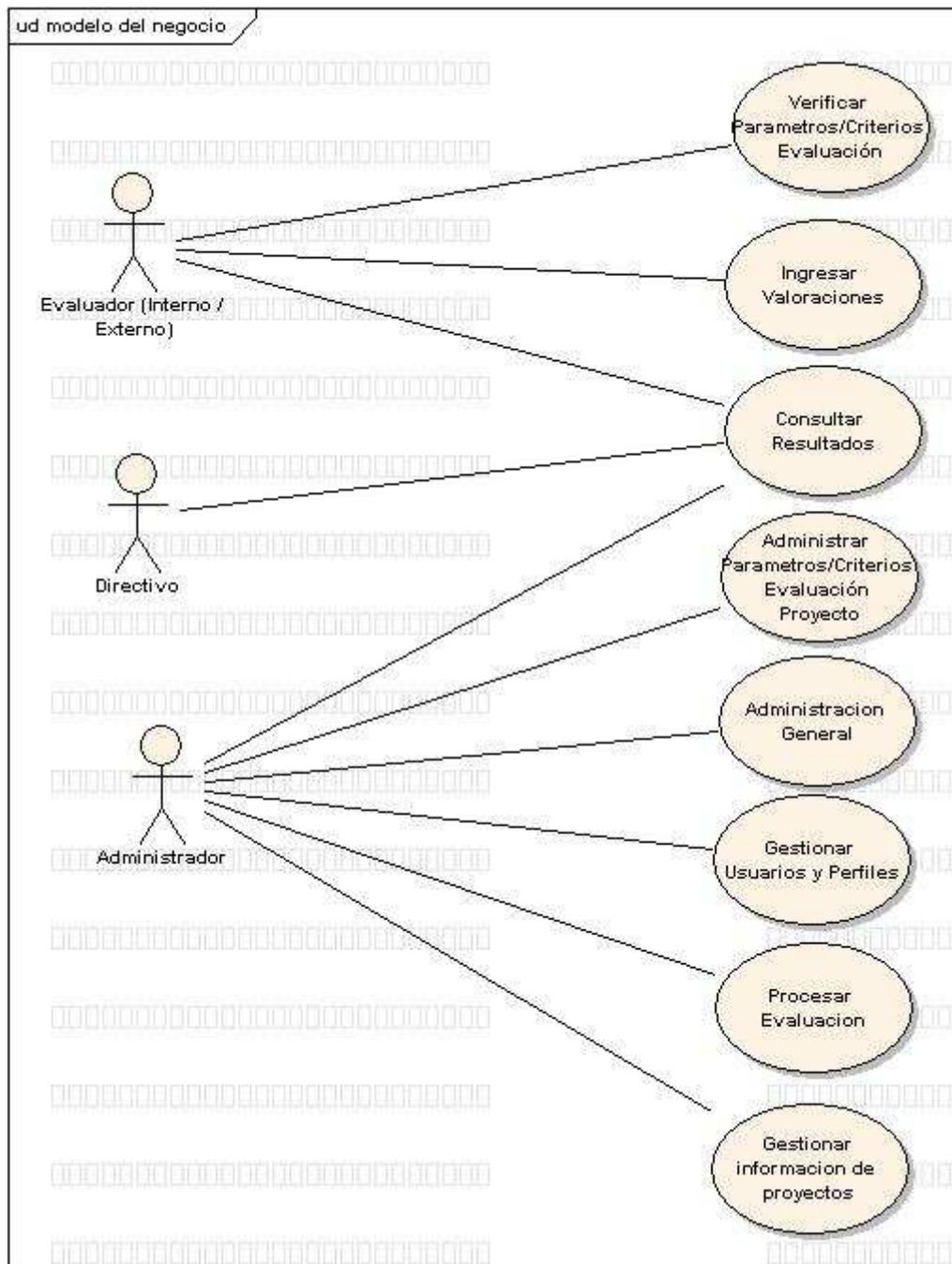


Figura No. 12. – Jerarquía de los Criterios de Evaluación

DICCIONARIO DEL MODELO DEL NEGOCIO

ACTORES

ACTORES	DESCRIPCIÓN
EVALUADOR (Interno / Externo)	Persona que ha sido invitada a formar parte de un grupo de evaluadores; se encarga de revisar los perfiles de proyectos de investigación científica y luego de analizarlos procede a ponderar los criterios y

	<p>subcriterios que están parametrizados. Pueden ser representantes de los diferentes sectores, tales como: la industria, empresarios, inversores, instituciones del estado, universidades e institutos de investigación y desarrollo tecnológico. El evaluador puede ser Interno o Externo. Un evaluador interno es un actor perteneciente a la institución encargada de la evaluación, mientras que un evaluador externo es una persona invitada a participar en el proceso de evaluación que cumpla con el perfil requerido.</p>
DIRECTIVO	<p>Persona que gerencia la institución en la que se realizan las evaluaciones y está interesada en consultar los resultados de las evaluaciones así como reportes de datos estadísticos.</p>
ADMINISTRADOR	<p>Persona(s) que se encarga(n) de ingresar el periodo de evaluación, el grupo de evaluadores y los respectivos parámetros a considerar en un proceso de evaluación, además de publicar los respectivos resultados.</p>

Tabla No. 7. Diccionario de Actores del Modelo del Negocio

ACCIONES

ACCIONES	DESCRIPCIÓN
Verificar Parámetros/Criterios Evaluación	<p>Proceso que permite revisar los respectivos parámetros que se van a tomar en cuenta en un cierto proceso de evaluación. Estos deben ser ingresados previamente antes de poder ser consultados por los evaluadores por el administrador o encargado del proceso de evaluación.</p>
Ingresar Valoraciones	<p>Proceso por medio del cual un evaluador puede ingresar las respectivas ponderaciones de los parámetros que se utilizan en un proceso de evaluación.</p>
Consultar Resultados	<p>Proceso mediante el cual los actores pueden revisar los resultados de una evaluación siempre que haya concluido el periodo de evaluación.</p>
Administrar Parametros/Criterios Evaluación Proyecto	<p>Proceso mediante el cual el Administrador puede gestionar los parámetros ó criterios que van a ser utilizados en un proceso de evaluación para que puedan ser utilizados por los evaluadores.</p>
Administración General	<p>Proceso de parametrización del periodo de evaluación este contempla una fecha de inicio y fin de una evaluación de perfiles. Además permite ingresar la información del grupo de personas que participaran como evaluadores en un proceso de evaluación. Permite administrar escalas relativas y no relativas de una evaluación. También permite administrar los criterios, y sus agrupaciones (aspectos y objetivos)..</p>
Gestionar Usuarios/Perfiles	<p>Proceso de gestión de usuarios y perfiles que van a poder ingresar a la herramienta para realizar cierta(s) actividad(es).</p>
Procesar Evaluación	<p>Proceso para aplicar el procedimiento matemático y obtener resultados de una evaluación cuyo periodo ha concluido.</p>

Gestionar Información de Proyectos	Proceso que permite administrar la información de los perfiles de proyectos de investigación científica dentro del sistema.
------------------------------------	---

Tabla No. 8. Diccionario de Acciones del Modelo del Negocio

2.1.8.ODELO DEL DOMINIO.

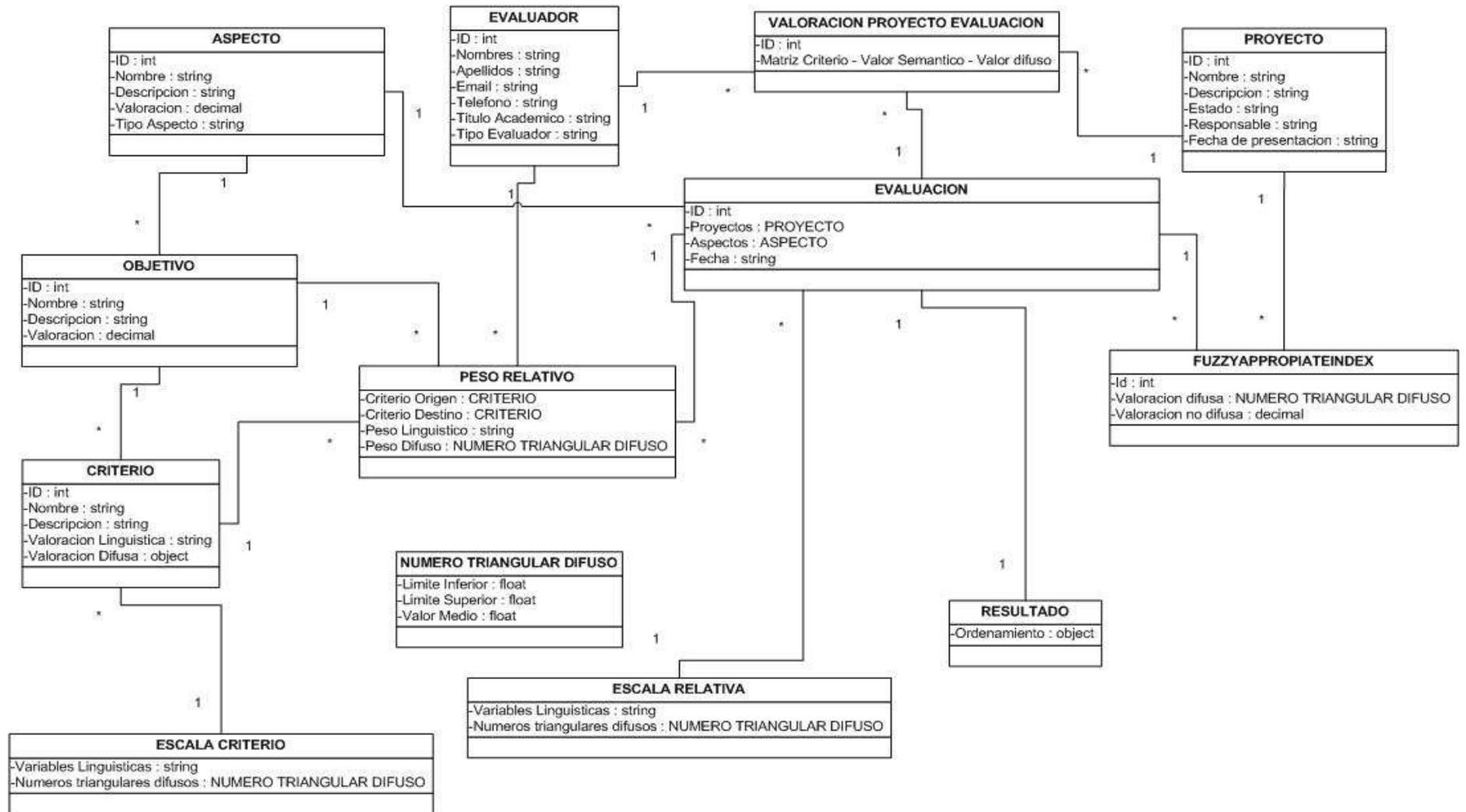


Figura No. 13. – Modelo del Dominio

DICCIONARIO DE DATOS

CLASE ASPECTO

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Id	Campo clave que identifica a la clase
Nombre	Nombre de la clase
Descripción	Breve descripción de la clase
Valoración	Valor totalizado de un aspecto
Tipo Aspecto	Atributo que especifica si el aspecto es interno o externo. Se refiere al tipo de criterios que se agrupan bajo este aspecto a los que accede el evaluador, dependiendo si es un evaluador interno o evaluador externo

Tabla No. 9. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Aspecto

CLASE OBJETIVO

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Id	Campo clave que identifica a la clase
Nombre	Nombre de la clase
Descripción	Breve descripción de la clase
Valoración	Valor totalizado de un objetivo

Tabla No. 10. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Objetivo

CLASE CRITERIO

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Id	Campo clave que identifica a la clase
Nombre	Nombre de la clase
Descripción	Breve descripción de la clase
Valoración Lingüística	Valor asignado a un criterio a través de una etiqueta lingüística
Valoración Difusa	Valor asignado a un criterio de manera difusa

Tabla No. 11. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Criterio

CLASE ESCALA RELATIVA

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Variable Lingüística	Etiqueta lingüística que va a ser asignado un valor como número triangular difuso
numeroTriangularDifuso	Numero triangular difuso a ser asignado a una variable lingüística

Tabla No. 12. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Escala Relativa

CLASE ESCALA CRITERIO

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Variable Lingüística	Etiqueta lingüística que va a ser asignado un valor como número triangular difuso
numeroTriangularDifuso	Numero triangular difuso a ser asignado a una variable lingüística

Tabla No. 13. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Escala Criterio

CLASE EVALUADOR

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
ID	Campo clave
Nombres	Nombres completos del evaluador
Apellidos	Apellidos completos del evaluador
Email	Dirección de Correo electrónico del evaluador
Telefono	Número de teléfono del evaluador
Titulo Academico	Titulo académico del evaluador
Tipo Evaluador	Atributo que define si el evaluador es interno o externo

Tabla No. 14. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Evaluador

CLASE PROYECTO

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
ID	Atributo identificador
Nombre	Nombre del proyecto
Descripcion	Descripción del proyecto
Estado	Estado que define si el proyecto ha sido ya evaluado, y si está listo o no para ser evaluado
Responsable	Persona responsable del proyecto
Fecha de presentacion	Fecha en la cual el proyecto fue presentado para su ingreso al sistema
Fecha de fin	Fecha en la que termina el periodo

Tabla No. 15. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Proyecto

CLASE RESULTADO

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Ordenamiento	Ordenamiento de los proyectos producido como resultado de la evaluación

Tabla No. 16. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Resultado

CLASE PESO RELATIVO

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Criterio Origen	Criterio desde el cual se determina su peso relativo respecto a otro
Criterio Destino	Criterio respecto al cual se determina el peso relativo del primero
Peso Linguistico	Valor del peso relativo expresado en variables lingüísticas
Peso difuso	Valor del peso relativo expresado como un número triangular difuso

Tabla No. 17. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Peso Relativo

CLASE EVALUACION

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
ID	Atributo Identificador
Proyectos	Proyectos de investigación científica a ser evaluados
Aspectos	Aspectos que agrupan objetivos y criterios que se utilizarán para la evaluación de los proyectos
Fecha	Fecha en que se realizó la evaluación

Tabla No. 18. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Evaluación

CLASE FUZZYAPPROPIATEINDEX

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
ID	Atributo Identificador
Valoración difusa	Valoración que recibe el proyecto relacionado en la evaluación relacionada

Tabla No. 19. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Fuzzy Appropriate Index

CLASE VALORACIONES PROYECTO EVALUACION

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
ID	Atributo Identificador
Matriz Criterio – Valor Semántico – Valor Difuso	Matriz que almacena las valoraciones ingresadas por un evaluador para los criterios válidos para una evaluación

Tabla No. 20. Diccionario del Modelo del Dominio. Clase Valoración Proyecto Evaluación

2.1.9. MODELO DE CASOS DE USO DEL DOMINIO DEL PROBLEMA.

2.1.9.1. Diagrama de Casos de Uso 1: Verificar Parámetros / Criterios Evaluación.



Figura No. 14. – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 1. Verificar Parámetros/Criterios de Evaluación

CASO DE USO	VERIFICAR PARÁMETROS / CRITERIOS EVALUACIÓN
Objetivo	Permitir al actor Técnico/Experto/Evaluador realizar una comprobación de los parámetros ó criterios ingresados para la(s) evaluación (es).
Actores	Técnico/Experto/Evaluador
Precondiciones	El actor debe conocer la dirección electrónica (URL) de la página principal del sistema. El actor debe estar registrado en el sistema como usuario con perfil de evaluador. Que exista una evaluación en un periodo valido.
Pasos	El actor abre un navegador Web. El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la pagina principal del sistema. El sistema despliega la página principal del sistema. El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema. El sistema verifica los datos del actor. Si los datos introducidos son correctos. El sistema permite el ingreso del actor. El sistema muestra el menú principal para el actor. El actor verifica si participa en alguna evaluación. Si participa. El actor selecciona una evaluación para consultar criterios. El sistema despliega criterios ingresados para la evaluación

	seleccionada por el actor. Caso contrario Se despliega mensaje de aviso al actor no participa en las evaluaciones en caso contrario Se despliega mensaje de error usuario no registrado.
Postcondiciones	
Variaciones	

Tabla No. 21. Caso de Uso 1. Verificar Parámetros/Criterios de Evaluación

2.1.9.2. Diagrama de Casos de Uso 2: Ingresar Valoraciones.



Figura No. 15 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones

CASO DE USO	INGRESAR VALORACIONES
Objetivo	Permitir al actor Técnico/Experto/Evaluador ingresar valoraciones de los criterios de un cierto proyecto al que el evaluador ha sido invitado como tal.
Actores	Técnico/Experto/Evaluador
Precondiciones	El actor debe conocer la dirección electrónica (URL) de la página principal del sistema. Estar registrado en el sistema como usuario con perfil de evaluador. Que exista una evaluación en un periodo valido.
Pasos	El actor abre un navegador Web. El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la pagina principal del sistema. El sistema despliega la página principal del sistema. El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema. El sistema verifica los datos del actor. Si los datos introducidos son correctos. El sistema permite el ingreso del actor. El sistema muestra el menú principal para el actor. El actor verifica si participa en alguna evaluación. Si participa. El actor selecciona una evaluación para consultar criterios. SI ES PARA VALORACIONES RELATIVAS El sistema despliega criterios ingresados para la evaluación seleccionada por el actor. El sistema despliega matriz de criterios de evaluación por pares. El actor ingresa las respectivas valoraciones relativas por pares. SI ES PARA VALORACIONES DE LOS PROYECTOS El actor selecciona un proyecto a evaluar. El sistema despliega criterios ingresados para la evaluación del proyecto seleccionado por el actor. El actor ingresa las respectivas valoraciones para cada criterio del proyecto seleccionado. Caso contrario Se despliega mensaje de aviso al actor no participa en las evaluaciones En caso contrario Se despliega mensaje de error usuario no registrado.

Postcondiciones	
Variaciones	

Tabla No. 22. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones

2.1.9.3. Diagrama de Casos de Uso 3: Consultar Resultados.

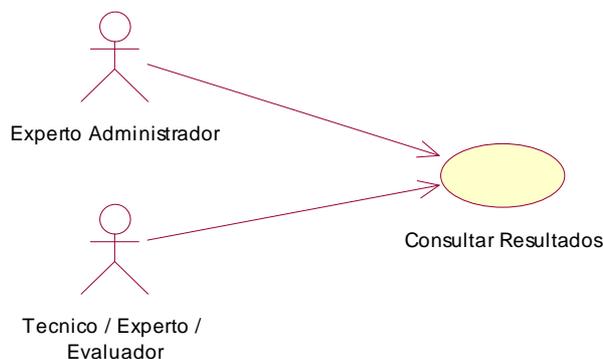


Figura No. 16 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 3. Consultar Resultados

CASO DE USO	CONSULTAR RESULTADOS
Objetivo	Permitir a los actores Técnico/Experto/Evaluador y Experto Administrador revisar los resultados luego de finalizada una evaluación.
Actores	Evaluador (Interno / Externo), Directivo, Administrador
Precondiciones	Estar registrado en el sistema como usuario con el respectivo perfil. Que haya finalizado una evaluación en un periodo valido.
Pasos	El actor abre un navegador Web. El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la pagina principal del sistema. El sistema despliega la página principal del sistema. El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema. El sistema verifica los datos del actor. Si los datos introducidos son correctos. El sistema permite el ingreso del actor. El sistema muestra el menú principal para el actor. El actor verifica alguna evaluación terminada. Si existe. El sistema despliega los resultados de la evaluación seleccionada por el actor. Caso contrario Se despliega mensaje de aviso al actor no hay evaluaciones concluidas. En caso contrario. Se despliega mensaje de error usuario no registrado.
Poscondiciones	
Variaciones	

Tabla No. 23. Caso de Uso 3. Consultar Resultados

2.1.9.4. Diagrama de Casos de Uso 4: Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos.

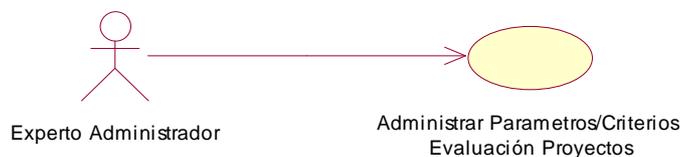


Figura No. 17 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos

CASO DE USO ADMINISTRAR PARÁMETROS/CRITERIOS EVALUACIÓN PROYECTOS	
Objetivo	Permitir al actor Experto Administrador gestionar los criterios que serán tomados en cuenta para realizar una evaluación de proyectos.
Actores	Experto/Administrador
Precondiciones	Estar registrado en el sistema como usuario con perfil Administrador. Que se vaya a realizar una evaluación.
Pasos	El actor abre un navegador Web. El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la pagina principal del sistema. El sistema despliega la página principal del sistema. El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema como administrador. El sistema verifica los datos del actor. Si los datos introducidos son correctos. El sistema permite el ingreso del actor. Crear evaluación, Asignar periodo de evaluación, Crear evaluación, Asignar proyectos y evaluadores a evaluación Seleccionar evaluación, Asignar proyectos a la evaluación, Asignar evaluadores a la evaluación. Definir criterios de evaluación, Seleccionar evaluación, Seleccionar criterios de evaluación, Seleccionar escala a usar. Asignar Escala y Períodos de Evaluación Seleccionar evaluación Asignar Escala En caso contrario. Se despliega mensaje de error usuario no registrado.
Postcondiciones	Notificar a los evaluadores una vez que la evaluación haya sido completamente parametrizada y configurada.
Variaciones	

Tabla No. 24. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos

2.1.9.5. Diagrama de Casos de Uso 5: Administración General.



Figura No. 18 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 5. Administración General

CASO DE USO	ADMINISTRACIÓN GENERAL
Objetivo	Permitir al actor Experto Administrador gestionar la información de los períodos de evaluación y los evaluadores
Actores	Experto Administrador
Precondiciones	Estar registrado en el sistema como usuario con perfil Administrador.
Pasos	<p>El actor abre un navegador Web.</p> <p>El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la pagina principal del sistema.</p> <p>El sistema despliega la página principal del sistema.</p> <p>El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema como administrador.</p> <p>El sistema verifica los datos del actor.</p> <p>Si los datos introducidos son correctos.</p> <p>El sistema permite el ingreso del actor.</p> <p>Administrar periodos</p> <p>Crear o seleccionar el periodo.</p> <p>Definir las fechas límites del periodo de evaluación.</p> <p>Administrar evaluadores</p> <p>Crear o seleccionar el evaluador.</p> <p>Editar los datos del evaluador.</p> <p>En caso contrario.</p> <p>Se despliega mensaje de error usuario no registrado.</p>
Postcondiciones	
Variaciones	

Tabla No. 25. Caso de Uso 5. Administración General

2.1.9.6. Diagrama de Casos de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.



Figura No. 19 – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles

CASO DE USO	GESTIONAR USUARIOS Y PERFILES
Objetivo	Permitir al actor Experto Administrador gestionar la información de los usuarios y perfiles de usuario del sistema
Actores	Experto Administrador
Precondiciones	Estar registrado en el sistema como usuario con perfil Administrador.
Pasos	El actor abre un navegador Web.

	<p>El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la página principal del sistema.</p> <p>El sistema despliega la página principal del sistema.</p> <p>El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema como administrador.</p> <p>El sistema verifica los datos del actor.</p> <p>Si los datos introducidos son correctos.</p> <p>Crear o seleccionar el usuario o perfil de usuario</p> <p>Editar la información del usuario o perfil</p> <p>En caso contrario.</p> <p>Se despliega mensaje de error usuario no registrado.</p>
Postcondiciones	
Variaciones	

Tabla No. 26. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles

2.1.9.7. Diagrama de Casos de Uso 7: Procesar Evaluación.



Figura No. 20. – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación

CASO DE USO	PROCESAR EVALUACIÓN
Objetivo	Permitir al actor Experto Administrador procesar una evaluación una vez que haya sido realizada y haya concluido el periodo de evaluación
Actores	Experto Administrador
Precondiciones	Estar registrado en el sistema como usuario con perfil Administrador. La evaluación debe haber estado habilitada y debe haber terminado el período de evaluación correspondiente
Pasos	<p>El actor abre un navegador Web.</p> <p>El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la página principal del sistema.</p> <p>El sistema despliega la página principal del sistema.</p> <p>El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema como administrador.</p> <p>El sistema verifica los datos del actor.</p> <p>Si los datos introducidos son correctos.</p> <p>Seleccionar la evaluación</p> <p>Verificar que el periodo de evaluación haya concluido</p> <p>Procesar la evaluación y obtener los resultados</p> <p>En caso contrario.</p> <p>Se despliega mensaje de error usuario no registrado.</p>
Postcondiciones	Publicar los resultados de la evaluación y hacerlos disponibles a los interesados
Variaciones	

Tabla No. 27. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación

2.1.9.8. Diagrama de Casos de Uso 8: Ingresar Información de Proyectos.



Figura No. 21. – Diagrama de Caso de Uso. Caso de Uso 8. Ingresar Información de Proyectos

CASO DE USO	INGRESAR INFORMACIÓN DE PROYECTOS
Objetivo	Permitir al actor Experto Administrador ingresar en el sistema la información de los proyectos de evaluación
Actores	Experto Administrador
Precondiciones	Estar registrado en el sistema como usuario con perfil Administrador.
Pasos	<p>El actor abre un navegador Web.</p> <p>El actor digita la dirección electrónica (URL) que se conecta a la pagina principal del sistema.</p> <p>El sistema despliega la página principal del sistema.</p> <p>El actor ingresa los datos para el ingreso en el sistema como administrador.</p> <p>El sistema verifica los datos del actor.</p> <p>Si los datos introducidos son correctos.</p> <p>Crear o seleccionar el proyecto de investigación.</p> <p>Editar la información del proyecto de investigación</p> <p>En caso contrario.</p> <p>Se despliega mensaje de error usuario no registrado.</p>
Postcondiciones	
Variaciones	

Tabla No. 28. Caso de Uso 8. Ingresar Información de Proyectos

2.1.10. PROTOTIPOS DE PANTALLAS.

Se ha definido el estándar para el prototipo de pantalla de la siguiente manera:

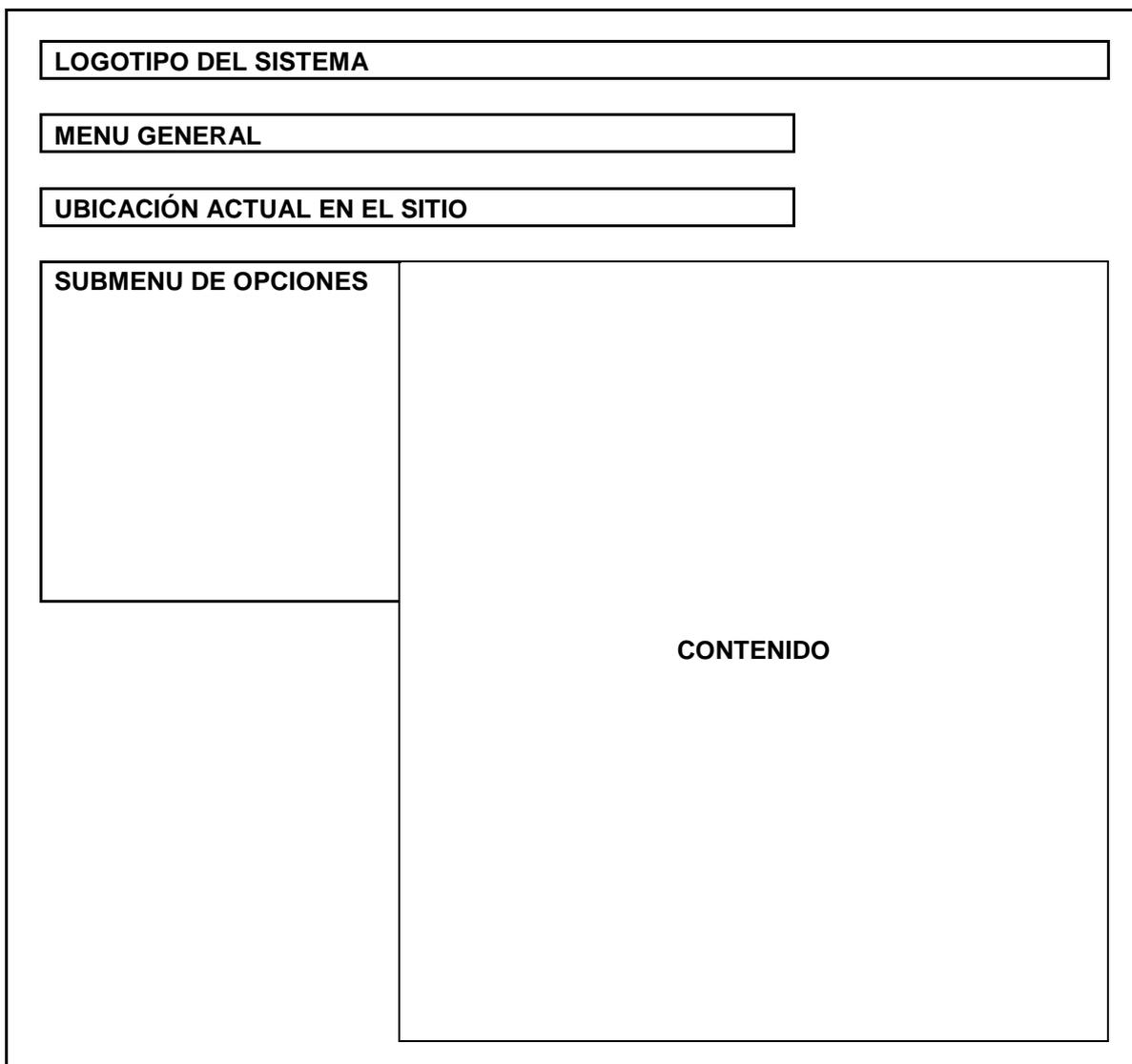


Figura No. 22. – Prototipo de Pantalla

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
LOGOTIPO DEL SISTEMA	Imagen y eslogan representativo del sistema.
MENU GENERAL	Menú de opciones generales del sistema.
UBICACIÓN ACTUAL EN EL SITIO	De acuerdo a la opción que el usuario este utilizando se mostrará su ubicación en el sistema.
SUBMENU DE OPCIONES	De acuerdo a la opción seleccionada en el menú general se mostrará una lista de acciones que el usuario puede realizar.
CONTENIDO	Mostrará el contenido de la acción que está ejecutando el usuario.

Tabla No. 29. Elementos del prototipo de pantalla

2.2. ANÁLISIS.

2.2.1. DIAGRAMAS DE CLASES DE ANÁLISIS.

2.2.1.1. Caso de Uso 1: Verificar Parámetros/ Criterios de Evaluación.

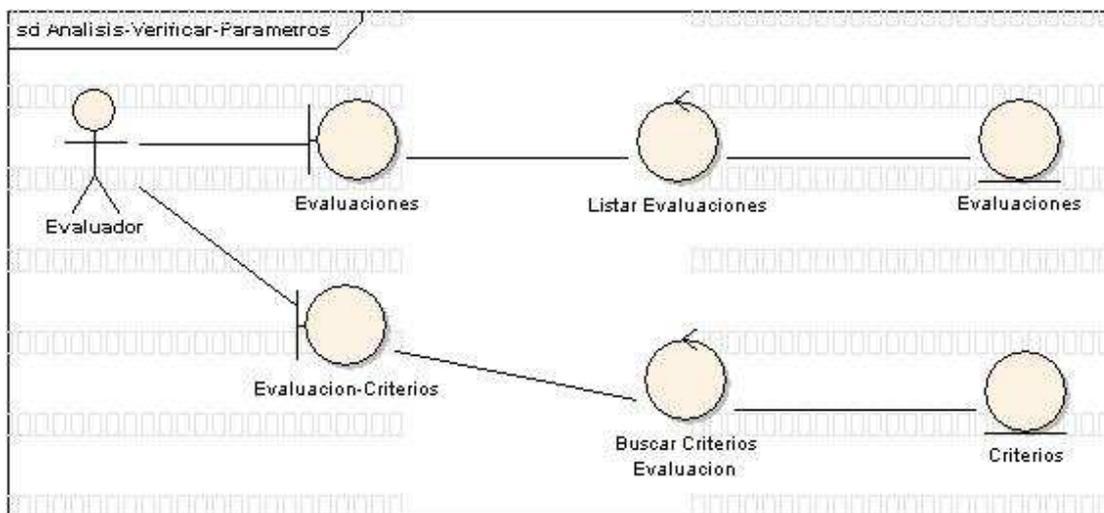


Figura No. 23. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 1. Verificar Parámetros/Criterios de Evaluación

ELEMENTO	DESCRIPCION
Evaluador	Actor Evaluador, sea interno o externo
Interfase Evaluaciones	Interfase que se presenta al evaluador en la que puede seleccionar las evaluaciones a las que tiene acceso
Listar Evaluaciones	Control que define la acción de listar las evaluaciones a las que el evaluador tiene acceso
Entidad Evaluaciones	Entidad que contiene la información de las evaluaciones
Evaluación-Criterios	Interfase que muestra el detalla de una evaluación específica así como los criterios de evaluación relacionados a la misma
Buscar Criterios Evaluación	Control que define la acción de buscar los criterios de evaluación relacionados a una evaluación específica
Criterios	Entidad que contiene la información de los criterios de evaluación

Tabla No. 30. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 1.

2.2.1.2. Caso de Uso 2: Ingresar Valoraciones.

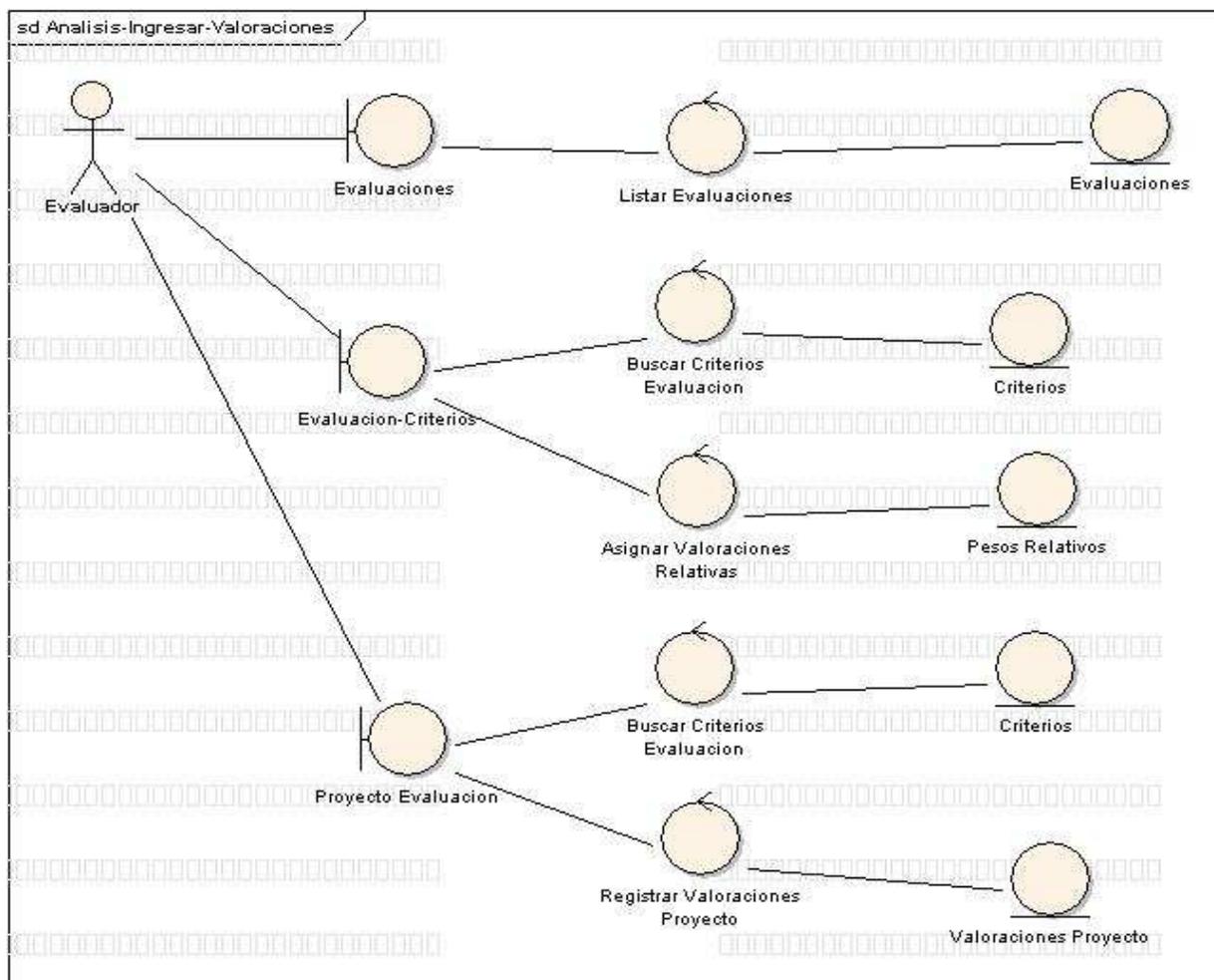


Figura No. 24. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones

ELEMENTO	DESCRIPCION
Evaluador	Actor Evaluador, sea interno o externo
Interfase Evaluaciones	Interfase que se presenta al evaluador en la que puede seleccionar las evaluaciones a las que tiene acceso
Listar Evaluaciones	Control que define la acción de listar las evaluaciones a las que el evaluador tiene acceso
Entidad Evaluaciones	Entidad que contiene la información de las evaluaciones
Evaluación-Criterios	Interfase que muestra el detalle de una evaluación específica así como los criterios de evaluación relacionados a la misma
Buscar Criterios Evaluación	Control que define la acción de buscar los criterios de evaluación relacionados a una evaluación específica
Criterios	Entidad que contiene la información de los criterios de evaluación
Asignar Valoraciones Relativas	Control que define la acción de asignar las valoraciones relativas a los criterios asignados a una evaluación
Pesos Relativos	Entidad que contiene la información de los pesos relativos de los criterios en una

	evaluación
Proyecto-Evaluación	Interfase que muestra la información de un proyecto seleccionado en una evaluación particular
Buscar Criterios Evaluación	Control que define la acción de buscar los criterios de evaluación relacionados a una evaluación específica
Criterios	Entidad que contiene la información de los criterios de evaluación
Registrar Valoraciones Proyecto	Control que define la acción de registrar las valoraciones difusas ingresadas por el evaluador para los diferentes criterios, relativas a un proyecto en la evaluación
Valoraciones Proyecto	Entidad que contiene las valoraciones para los criterios relativas a un proyecto en la evaluación, ingresadas por un evaluador

Tabla No. 31. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 2.

2.2.1.3. Caso de Uso 3: Consultar Resultados.

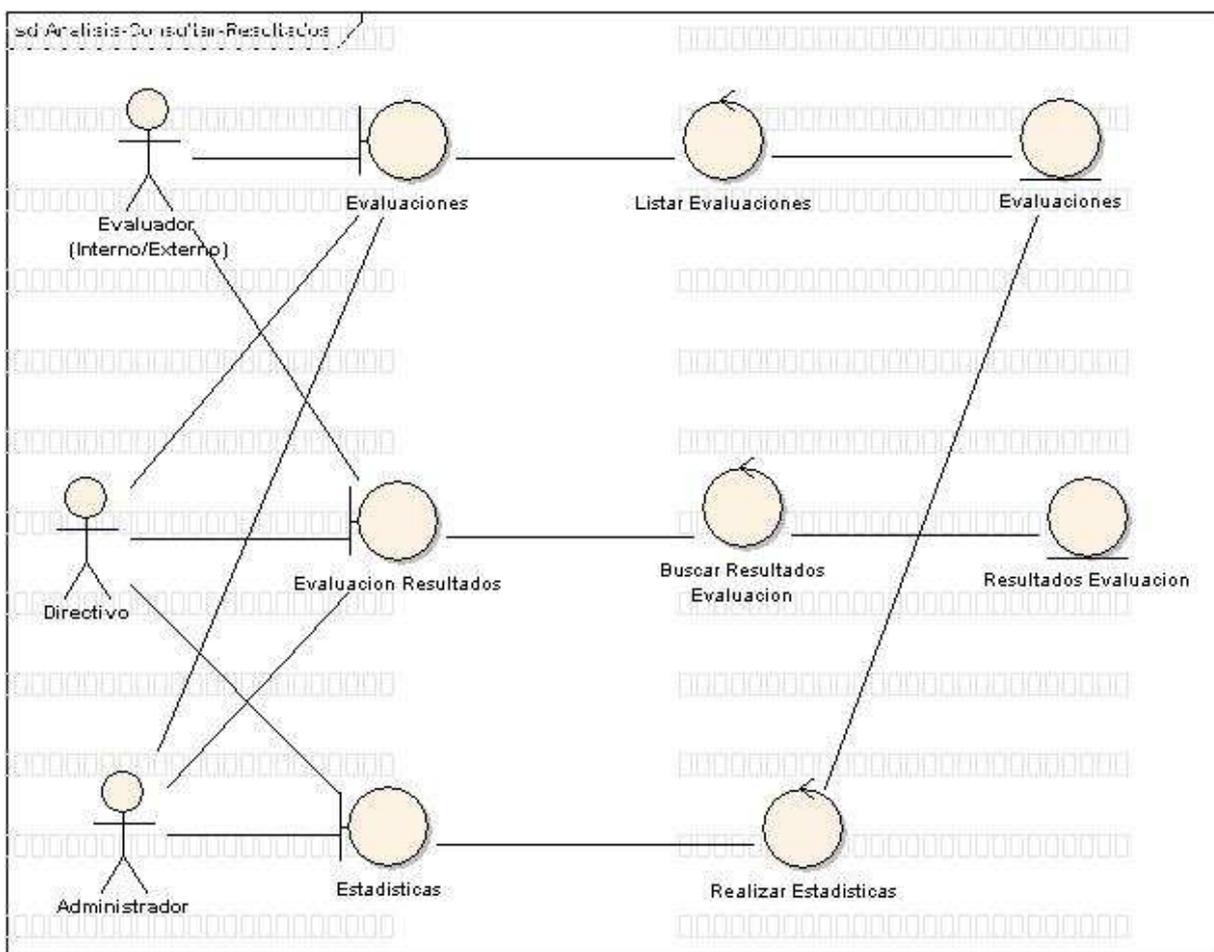


Figura No. 25. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 3. Consultar Resultados

ELEMENTO	DESCRIPCION
Evaluador	Actor Evaluador, sea interno o externo
Interfase Evaluaciones	Interfase que se presenta al evaluador en la

	que puede seleccionar las evaluaciones a las que tiene acceso
Listar Evaluaciones	Control que define la acción de listar las evaluaciones a las que el evaluador tiene acceso
Entidad Evaluaciones	Entidad que contiene la información de las evaluaciones
Directivo	Actor que representa al personal directivo de la empresa que está a cargo de la evaluación
Evaluación Resultados	Interfase que presenta los resultados de una evaluación que ha finalizado
Buscar Resultados Evaluación	Control que define la búsqueda de los resultados de la evaluación
Resultados Evaluación	Entidad que contiene el ordenamiento resultado de una evaluación
Administrador	Actor administrador del sistema
Estadísticas	Interfase que presenta las opciones para la realización de reportes de estadística
Realizar Estadísticas	Control que define la realización de un reporte seleccionado

Tabla No. 32. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 3.

2.2.1.4. Caso de Uso 4: Administración Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos.

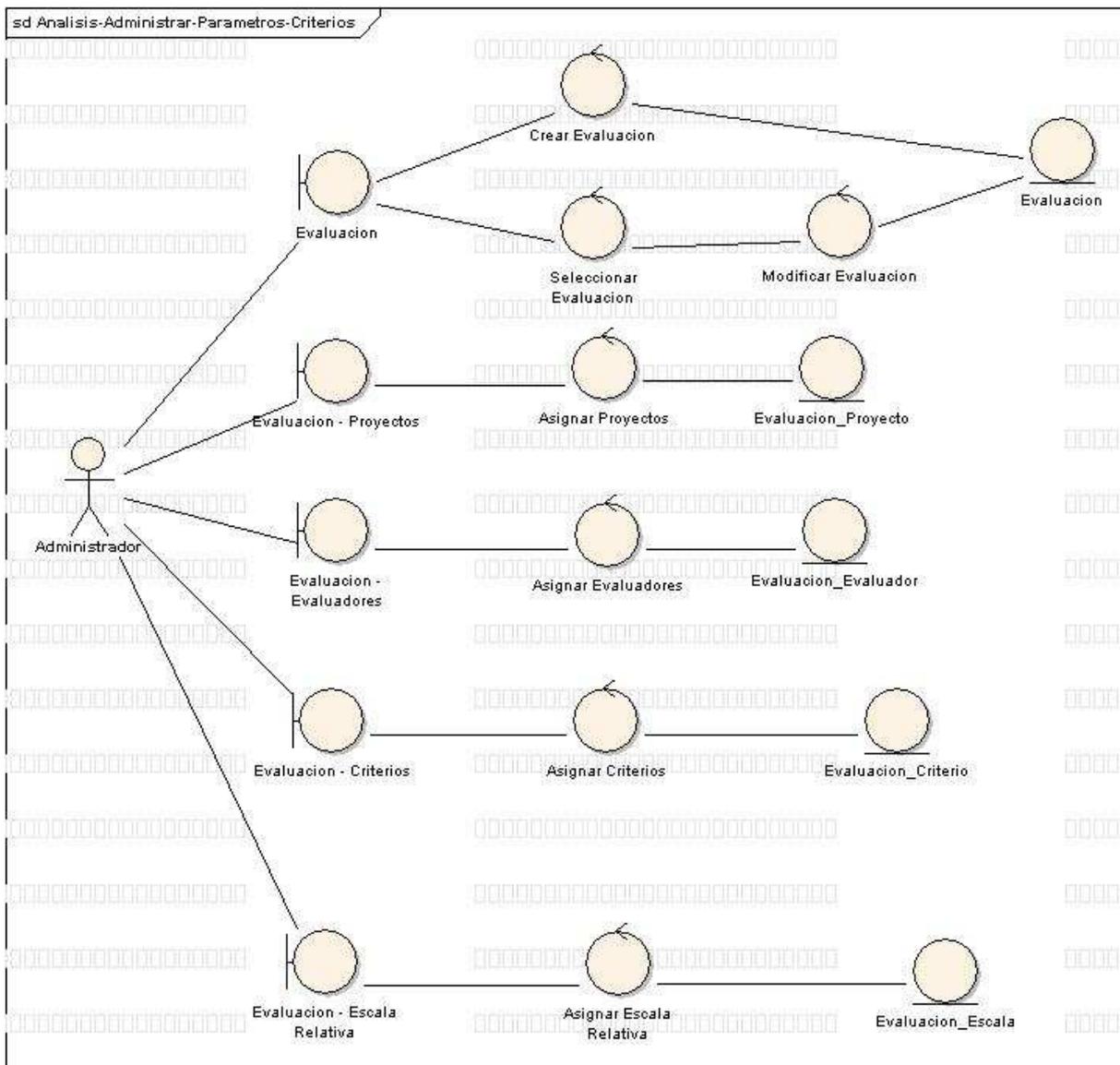


Figura No. 26. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos

ELEMENTO	DESCRIPCION
Administrador	Actor administrador del sistema
Interfase Evaluación	Interfase que se presenta al administrador en la que puede buscar y seleccionar una evaluación o crear una.
Crear Evaluación	Control que define la acción de crear una evaluación
Seleccionar Evaluación	Control que representa la selección de una evaluación por el administrador
Modificar Evaluación	Control que representa la modificación del período de evaluación de la evaluación seleccionada
Entidad Evaluación	Entidad que contiene los datos de las evaluaciones
Evaluación – Proyectos	Interfase que muestra la información de la evaluación seleccionada y los proyectos relacionados
Asignar Proyectos	Control que define la acción de asignar uno

	o más proyectos a una evaluación
Evaluación_Proyecto	Entidad que mantiene la información de los proyectos relacionados a una evaluación
Evaluación - Evaluadores	Interfase que muestra la información correspondiente a los evaluadores relacionados
Asignar Evaluadores	Control que define la acción de asignar evaluadores a una evaluación
Evaluación_Evaluador	Entidad que mantiene la información de los evaluadores relacionados a una evaluación
Evaluación – Criterios	Interfase que muestra la información de los criterios relacionados a una evaluación seleccionada
Asignar Criterios	Acción de asignar criterios de evaluación a una evaluación
Evaluación_Criterio	Entidad que contiene la información de los criterios de evaluación asignados a la evaluación seleccionada
Evaluación – Escala Relativa	Interfase que muestra la información de la evaluación con su escala relativa de valoración asignada
Asignar Escala Relativa	Control que representa la acción de asignar una escala relativa a una evaluación seleccionada
Evaluación_Escala	Entidad que contiene la información de la escala relativa de valoración asignada a la evaluación

Tabla No. 33. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 4.

2.2.1.5. Caso de Uso 5: Administración General.

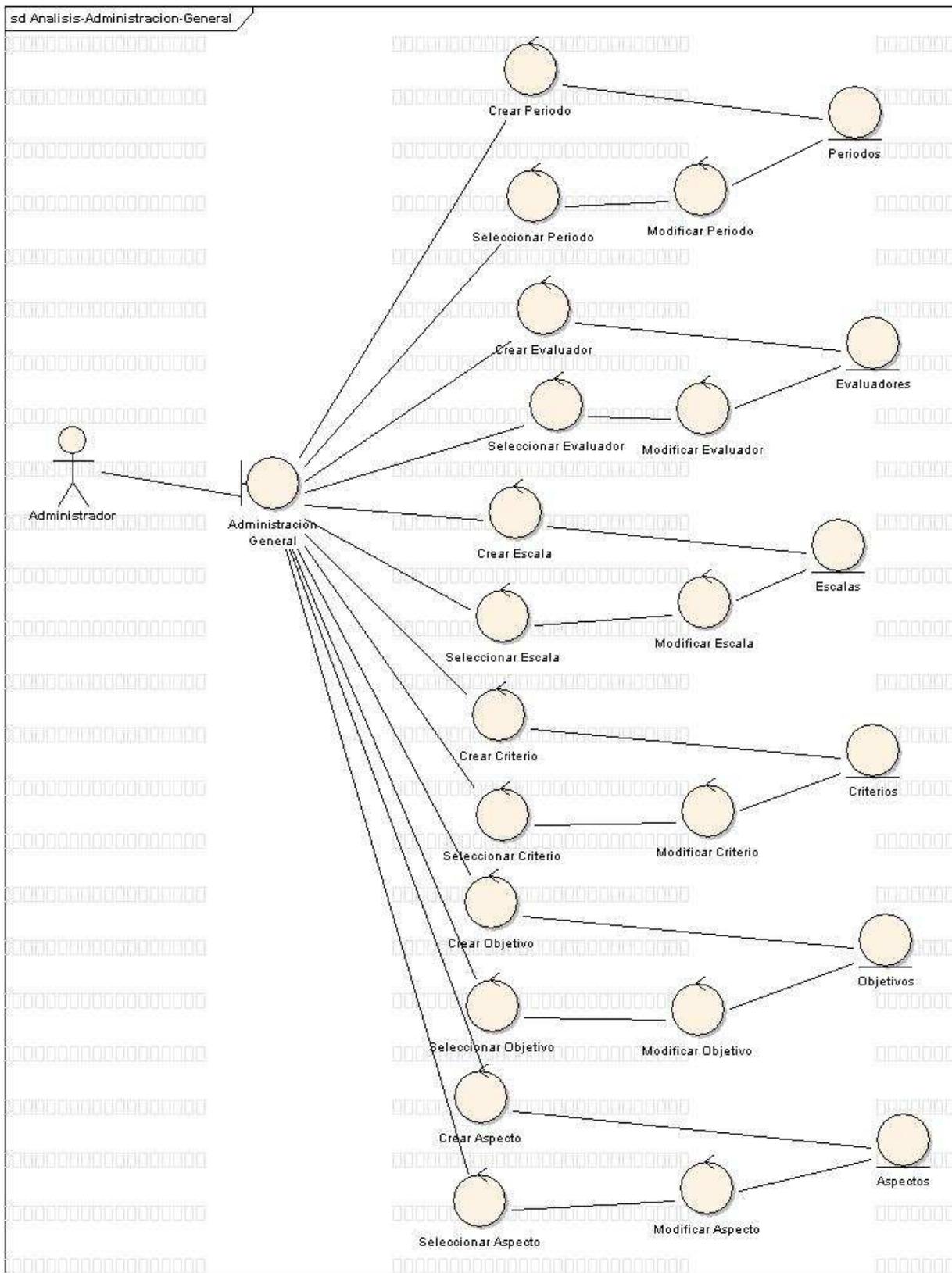


Figura No. 27. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 5. Administración General

ELEMENTO	DESCRIPCION
Administrador	Actor administrador del sistema
Administración General	Interfase que se presenta al administrador con las opciones de administración general del sistema
Crear Período	Control que define la acción de crear un período de evaluación
Seleccionar Período	Control que representa la búsqueda y selección de un período de evaluación
Modificar Período	Control que representa la modificación de un período de evaluación
Períodos	Entidad que contiene la información de los períodos de evaluación
Crear Evaluador	Control que define la acción de crear un evaluador
Seleccionar Evaluador	Control que representa la búsqueda y selección de un evaluador
Modificar Evaluador	Control que representa la modificación de un evaluador
Evaluadores	Entidad que contiene la información de los evaluadores
Crear Escala	Control que define la acción de crear una escala de evaluación
Seleccionar Escala	Control que representa la búsqueda y selección de una escala
Modificar Escala	Control que representa la modificación de una escala de evaluación
Escalas	Entidad que contiene la información de las escalas de evaluación
Crear Criterio	Control que define la acción de crear un criterio de evaluación
Seleccionar Criterio	Control que representa la búsqueda y selección de un criterio de evaluación
Modificar Criterio	Control que representa la modificación de un criterio de evaluación
Criterios	Entidad que contiene la información de los criterios de evaluación
Crear Objetivo	Control que define la acción de crear un objetivo, que corresponde a una agrupación de criterios
Seleccionar Objetivo	Control que representa la búsqueda y selección de un objetivo
Modificar Objetivo	Control que representa la modificación de un objetivo
Objetivos	Entidad que contiene la información de los objetivos
Crear Aspecto	Control que define la acción de crear un aspecto, la agrupación de objetivos
Seleccionar Aspecto	Control que representa la búsqueda y selección de un aspecto
Modificar Aspecto	Control que representa la modificación de un aspecto seleccionado
Aspectos	Entidad que contiene la información de los aspectos

Tabla No. 34. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 5.

2.2.1.6. Caso de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.

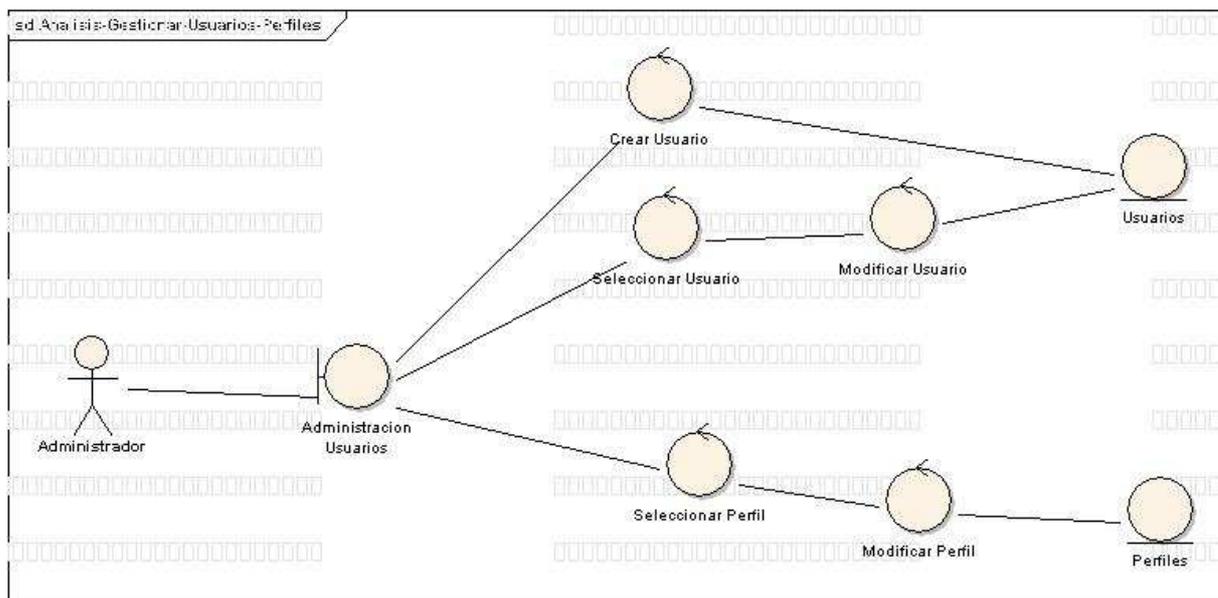


Figura No. 28. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles

ELEMENTO	DESCRIPCION
Administrador	Actor Administrador del sistema
Administración Usuarios	Interfase en la que se presenta al evaluador las opciones de administración de usuarios y perfiles
Crear Usuario	Control que define la acción de crear un usuario del sistema
Seleccionar Usuario	Control que representa la búsqueda y selección de un usuario
Modificar Usuario	Control que representa la modificación de un usuario
Usuarios	Entidad que contiene la información de los usuarios
Crear Perfil	Control que define la acción de crear un perfil de usuarios
Seleccionar Perfil	Control que representa la selección de un perfil
Modificar Perfil	Control que representa la modificación de un perfil
Perfiles	Entidad que contiene la información de los perfiles

Tabla No. 35. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 6.

2.2.1.7. Caso de Uso 7: Procesar Evaluación.

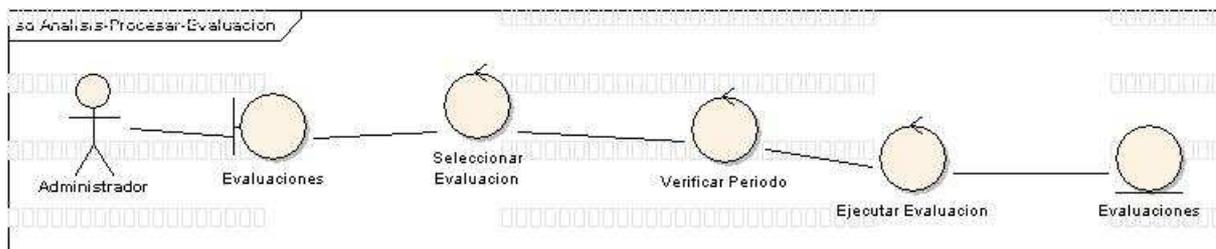


Figura No. 29. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación

ELEMENTO	DESCRIPCION
Administrador	Actor Administrador del sistema
Interfase Evaluaciones	Interfase en la que se presenta al evaluador las evaluaciones disponibles
Seleccionar Evaluación	Control que define la acción de seleccionar una evaluación, por parte del administrador
Verificar Período	Control que representa la verificación de que el período de la evaluación seleccionada haya concluido
Ejecutar Evaluación	Control que representa la ejecución del procesamiento matemático y finalización de la evaluación
Evaluaciones	Entidad que contiene la información de las evaluaciones

Tabla No. 36. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 7.

2.2.1.8. Caso de Uso 8: Ingresar Información Proyectos.

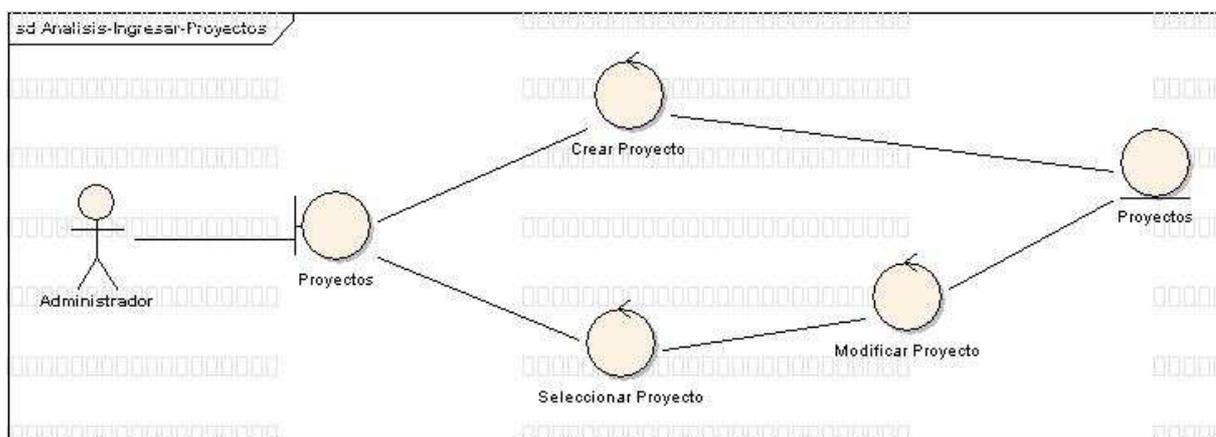


Figura No. 30. – Diagrama de Análisis. Caso de Uso 8. Ingresar Información Proyectos

ELEMENTO	DESCRIPCION
Administrador	Actor Administrador del sistema
Interfase Proyectos	Interfase que se muestra al usuario para la administración de los proyectos
Crear Proyecto	Control que define la acción de crear un proyecto de investigación dentro del sistema
Seleccionar Proyecto	Control que representa la búsqueda y selección de un proyecto determinado

Modificar Proyecto	Control que representa la modificación de un proyecto seleccionado
Entidad Proyectos	Entidad que contiene la información de los proyectos en el sistema

Tabla No. 37. Elementos de Diagrama de Análisis. Caso de Uso 8.

2.2.2. DIAGRAMAS DE COLABORACIÓN.

2.2.2.1. Caso de Uso 1: Verificar Parámetros.

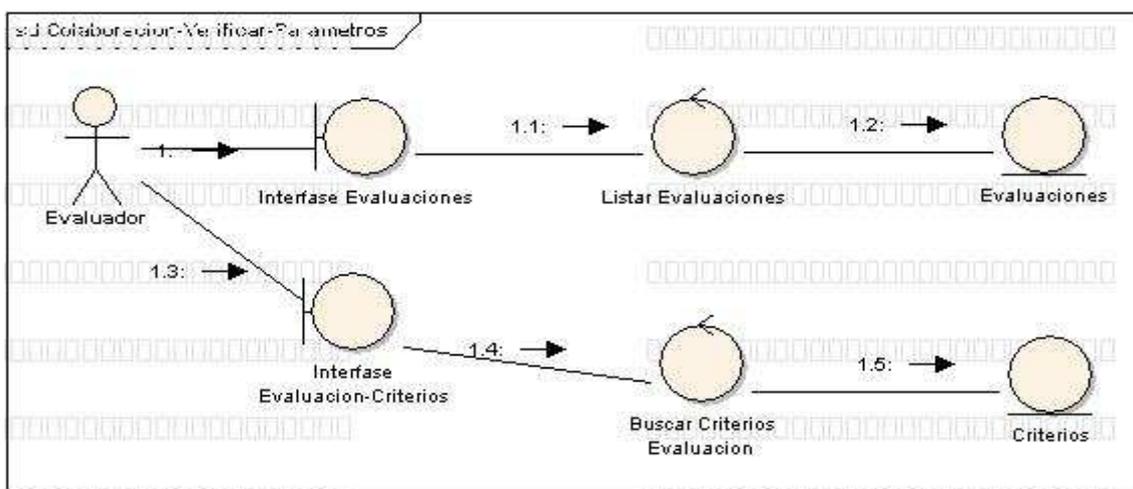


Figura No. 31. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 1. Verificar parámetros

No.	DESCRIPCIÓN
1	El actor Evaluador selecciona la opción de listar las evaluaciones disponibles
1.1	Envío de la información del evaluador para buscar las evaluaciones disponibles
1.2	Se busca las evaluaciones correspondientes en la entidad Evaluaciones
1.3	El actor Evaluador selecciona la opción para verificar los criterios de evaluación correspondientes a una evaluación seleccionada
1.4	Se envía la información de la evaluación para buscar los criterios de evaluación relacionados
1.5	Se buscar los criterios de evaluación relacionados a la evaluación seleccionada

Tabla No. 38. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 1.

2.2.2.2. Caso de Uso 2: Ingresar Valoraciones.

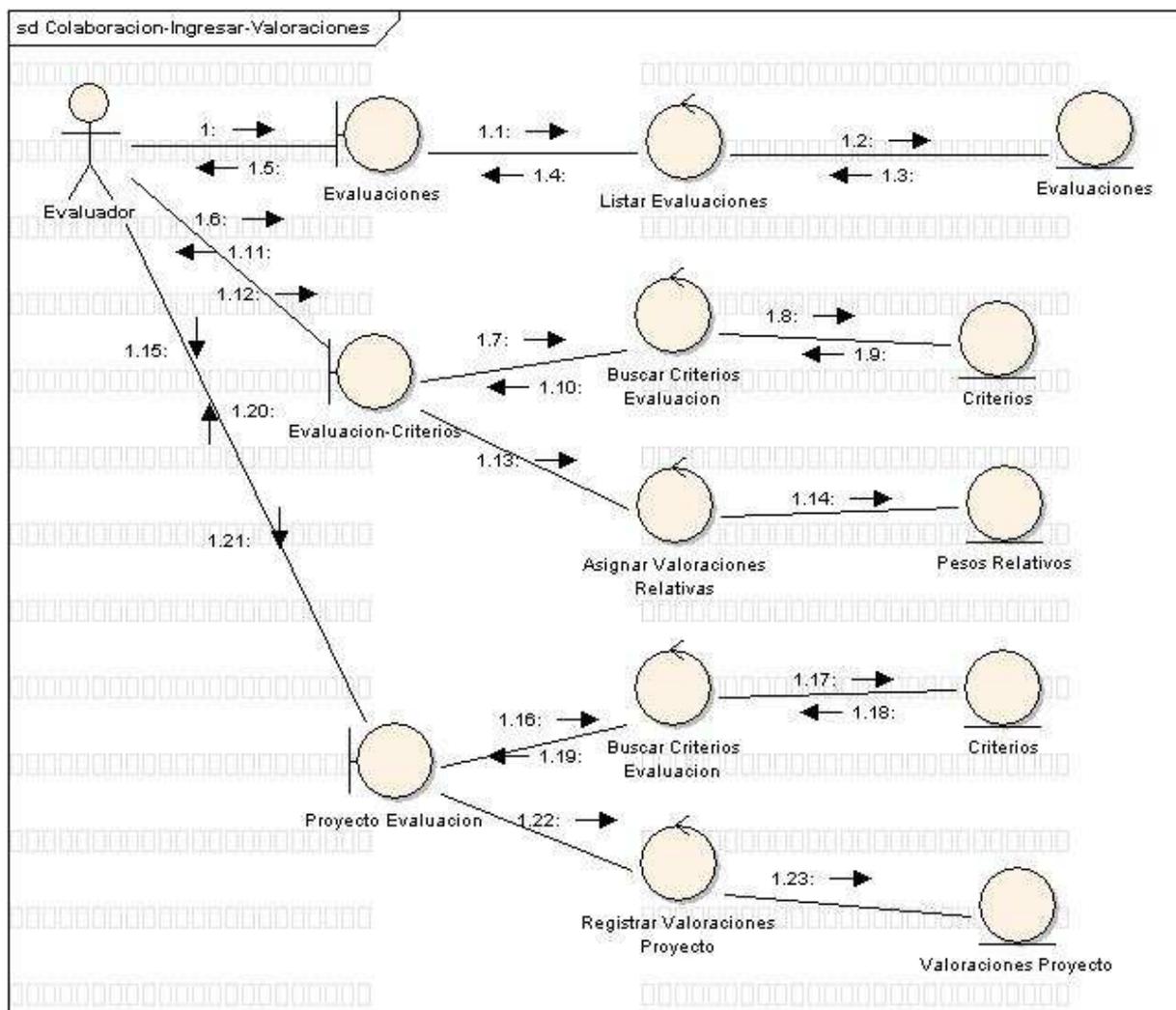


Figura No. 32. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones

No.	DESCRIPCIÓN
1	El actor Evaluador selecciona la opción de listar las evaluaciones disponibles
1.1	Envío de la información del evaluador para buscar las evaluaciones disponibles
1.2	Se busca las evaluaciones correspondientes en la entidad Evaluaciones
1.3	El sistema retorna las evaluaciones buscadas
1.4	Se envía a la interfase de evaluaciones las evaluaciones buscadas
1.5	La interfase presenta las evaluaciones buscadas al evaluador
1.6	El evaluador selecciona la evaluación que requiere
1.7	Se envía la información de la evaluación para buscar los criterios correspondientes
1.8	Se busca los criterios de evaluación en la entidad criterios
1.9	La entidad retorna los criterios buscados
1.10	Se retorna la lista de criterios a la interfase de criterios de evaluación
1.11	La interfase muestra los criterios de evaluación al usuario
1.12	El usuario evaluador envía las valoraciones relativas para los criterios de evaluación
1.13	La interfase envía los datos de las valoraciones relativas ingresadas por el usuario
1.14	Las valoraciones relativas se registran en la entidad Pesos Relativos
1.15	El actor Evaluador selecciona la opción para ingresar las valoraciones de los proyectos de la evaluación
1.16	El sistema envía la información de la evaluación seleccionada para buscar los criterios de evaluación relacionados
1.17	Se busca los criterios de evaluación en la entidad criterios

1.18	La entidad retorna los criterios buscados
1.19	Se envía los criterios buscados a la interfase
1.20	La interfase muestra los criterios de evaluación al usuario
1.21	El usuario Evaluador envía las valoraciones para los criterios de evaluación por proyecto
1.22	Se envía las valoraciones ingresadas por el usuario
1.23	Se registra las valoraciones en la entidad de valoraciones por proyecto

Tabla No. 39. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 2.

2.2.2.3. Caso de Uso 3: Consultar Resultados.

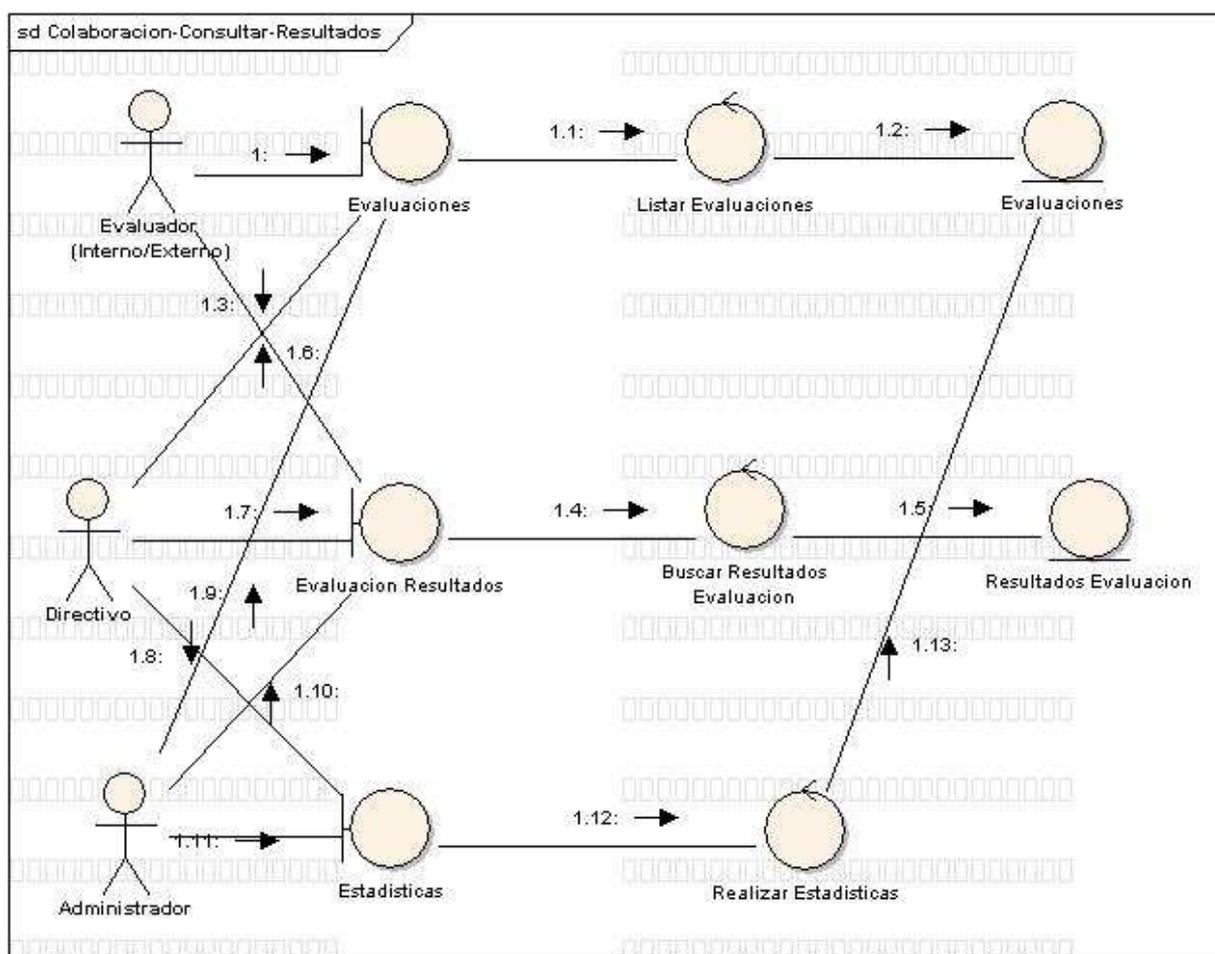


Figura No. 33. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 3. Consultar Resultados

No.	DESCRIPCIÓN
1	El actor Evaluador (Interno/Externo) selecciona la opción de listar las evaluaciones disponibles
1.1	Envío de la información del actor, sea Evaluador (Interno/Externo), Directivo o Administrador, para buscar las evaluaciones disponibles, además de informar que se busca las evaluaciones que hayan finalizado
1.2	Se busca las evaluaciones finalizadas en la entidad Evaluaciones
1.3	El actor Evaluador (Interno/Externo) selecciona una evaluación para ver sus resultados
1.4	Se envía la información de la evaluación para buscar los resultados
1.5	Se busca la información de los resultados en la entidad Resultados Evaluación

1.6	El actor Directivo selecciona la opción de listar las evaluaciones disponibles
1.7	El actor Directivo selecciona una evaluación para ver sus resultados
1.8	El actor Directivo selecciona la opción para ver las estadísticas del sistema
1.9	El actor Administrador selecciona la opción de listar las evaluaciones disponibles
1.10	El actor Administrador selecciona una evaluación para ver sus resultados
1.11	El actor Administrador selecciona la opción para ver las estadísticas del sistema
1.12	Se envía la solicitud de mostrar las estadísticas del sistema, sea por el usuario Directivo o Administrador
1.13	Se requiere la información de las evaluaciones en la entidad Evaluaciones para la realización de las estadísticas del sistema

Tabla No. 40. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 3.

2.2.2.4. Caso de Uso 4: Administración Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos.

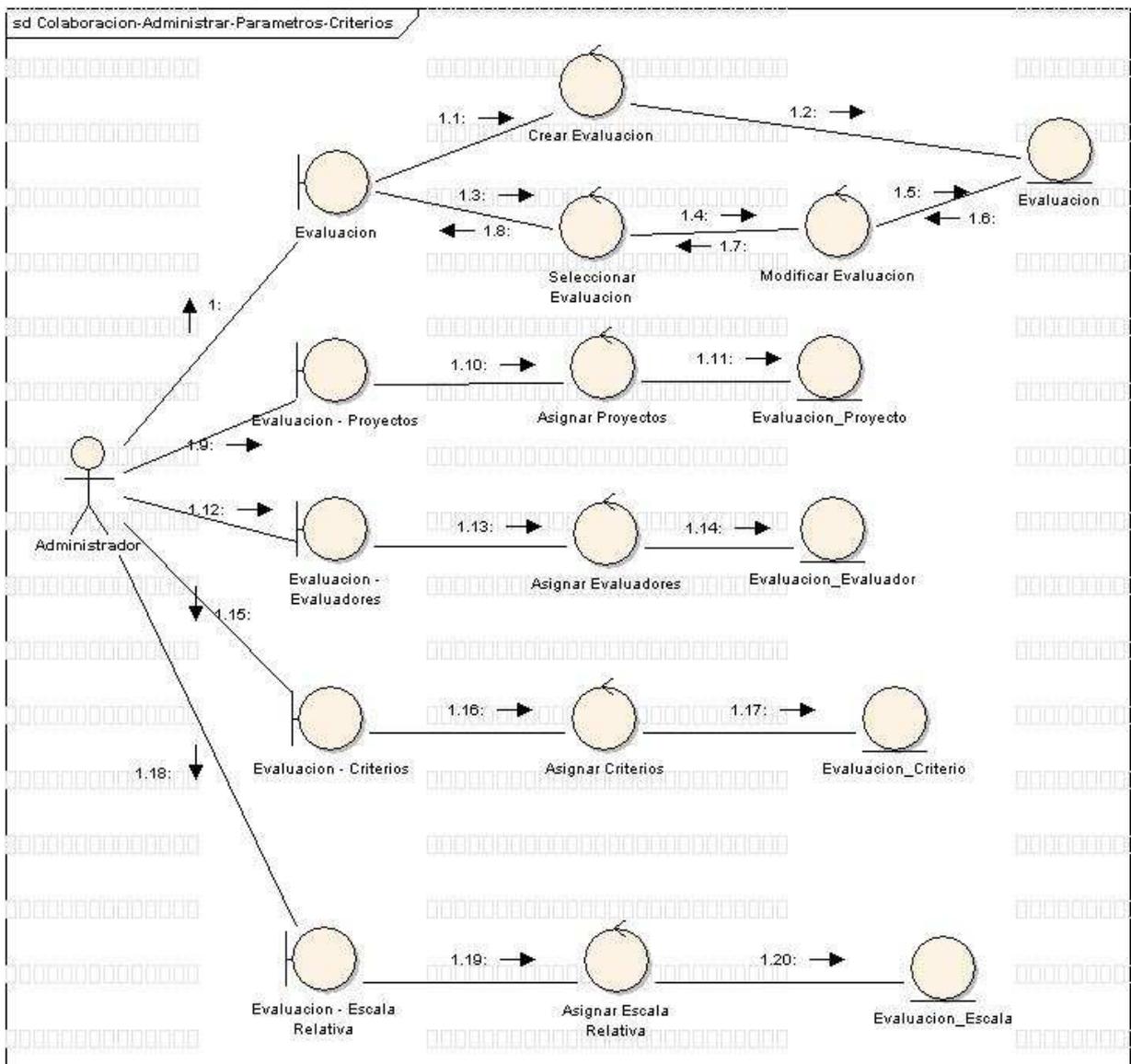


Figura No. 34. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos

No.	DESCRIPCIÓN
-----	-------------

1	El actor Administrador envía la solicitud de la opción que seleccionó
1.1	Se envía la petición para crear una evaluación
1.2	Se envía la información para crear la evaluación así como la información del período de evaluación de la evaluación a crear
1.3	Se selecciona una evaluación determinada
1.4	Se modifica la información de la evaluación si el actor la ha modificado
1.5	Se persiste la información en la entidad Evaluación
1.6	La entidad retorna la información actual de la evaluación seleccionada
1.7	Se retorna la información de la evaluación
1.8	Se envía la información de la evaluación seleccionada a la interfase
1.9	La interfase muestra la información de la evaluación buscada al actor
1.10	El usuario envía la asignación de un proyecto de evaluación para la evaluación actual
1.11	Se envía la información del proyecto a buscar
1.12	Se registra el proyecto asignado a la evaluación seleccionada en la entidad Evaluación Proyecto
1.13	El actor administrador envía la asignación de un evaluador existente en el sistema a la evaluación actual
1.14	Se envía el identificador del evaluador para su asignación a la evaluación actual
1.15	Se registra el evaluador asignado a la evaluación seleccionada en la entidad Evaluación Evaluador
1.16	Se envía la petición de asignación de un criterio a la evaluación seleccionada
1.17	Se envía el identificador del criterio que se asignará
1.18	Se registra el criterio asignado a la evaluación actual en la entidad
1.19	El actor administrador envía la información de la escala de valoración relativa para asignarla a la evaluación actual
1.20	Se envía el identificador de la escala relativa
1.21	Se registra la asignación de la escala relativa

Tabla No. 41. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 4.

2.2.2.5. Caso de Uso 5: Administración General.

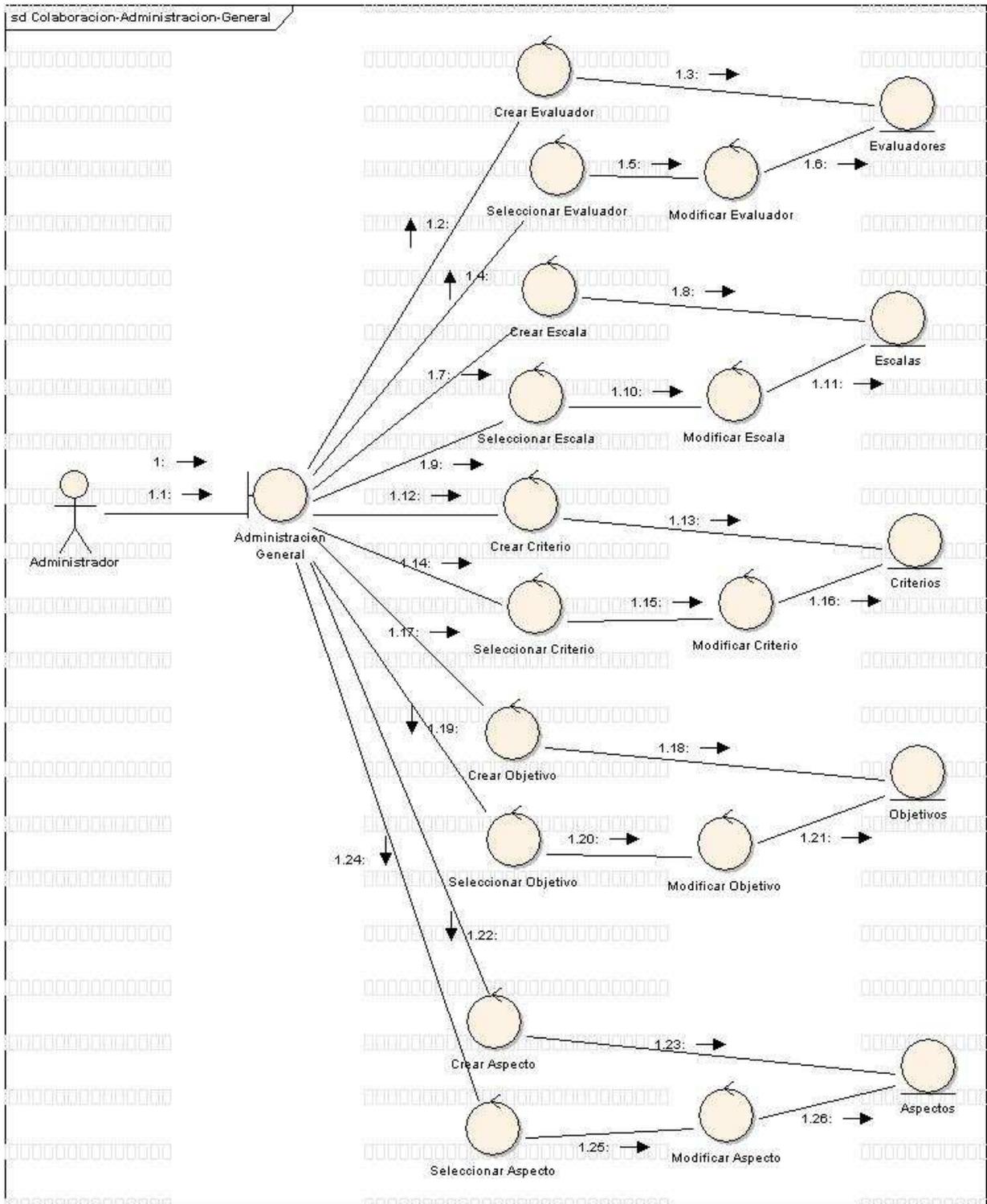


Figura No. 35. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 5. Administración General

No.	DESCRIPCIÓN
1	El actor Administrador selecciona una opción disponible en Administración General
1.1	El Actor ingresa los datos requeridos por el sistema según la opción que escogió
1.2	Se envía la información requerida para la creación de un evaluador

1.3	Se registra al evaluador recién creado en la entidad Evaluadores
1.4	Se selecciona un evaluador para su edición, en caso de ser la opción seleccionada
1.5	La interfase envía la información del evaluador para su modificación
1.6	Se modifica la información del evaluador en la entidad Evaluadores
1.7	Se solicita la creación de una escala enviando la información requerida
1.8	Se registra la escala creada en la entidad Escala
1.9	El actor selecciona una escala para su modificación
1.10	Se envía la información de la escala a modificar
1.11	Se registra la modificación de la escala en la entidad
1.12	Se envía la petición y la información requerida para crear un criterio
1.13	Se registra el criterio creado en la entidad Criterios
1.14	El actor selecciona un criterio para su modificación
1.15	La interfase envía la información ingresada por el usuario para la modificación de un criterio
1.16	Se registra la modificación de un criterio en la entidad Criterios
1.17	Se envía la información requerida y la petición para crear un objetivo
1.18	Se registra el objetivo creado en la entidad objetivos
1.19	Se selecciona un objetivo para su modificación
1.20	Se envía la información requerida para la modificación del objetivo
1.21	Se registra la modificación realizada en la entidad Objetivos
1.22	Se envía la información requerida para la creación de un aspecto
1.23	Se registra el aspecto creado en la entidad Aspectos
1.24	Se selecciona un aspecto para su modificación
1.25	Se envía la información requerida para la modificación del aspecto seleccionado
1.26	Se registra la información modificada en la entidad Aspectos

Tabla No. 42. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 5.

2.2.2.6. Caso de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.

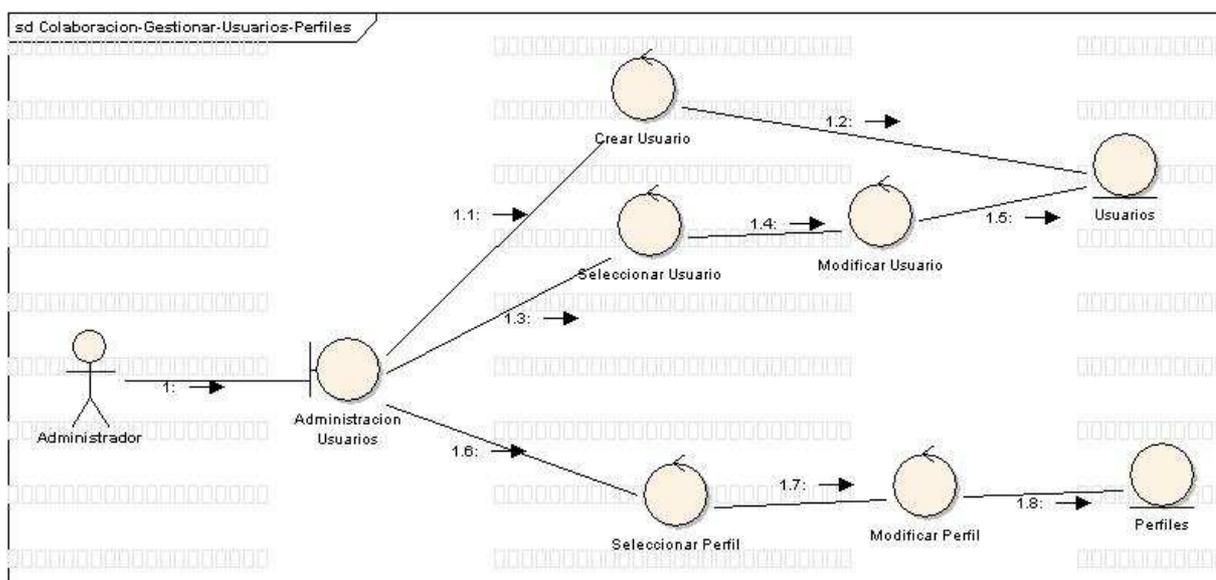


Figura No. 36. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles

No.	DESCRIPCIÓN
1	El actor Administrador selecciona una opción disponible en la administración de usuarios y perfiles
1.1	Se recibe del usuario la información requerida para la creación de un usuario
1.2	Se registra el usuario en la entidad Usuarios

1.3	El actor selecciona un usuario para su modificación
1.4	Se envía la información requerida para la modificación del usuario
1.5	Se registra la modificación en la entidad Usuarios
1.6	El actor selecciona un perfil para su modificación
1.7	Se envía la información requerida para la modificación del perfil
1.8	Se registra la modificación realizada en la entidad Perfiles

Tabla No. 43. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 6.

2.2.2.7. Caso de Uso 7: Procesar Evaluación.

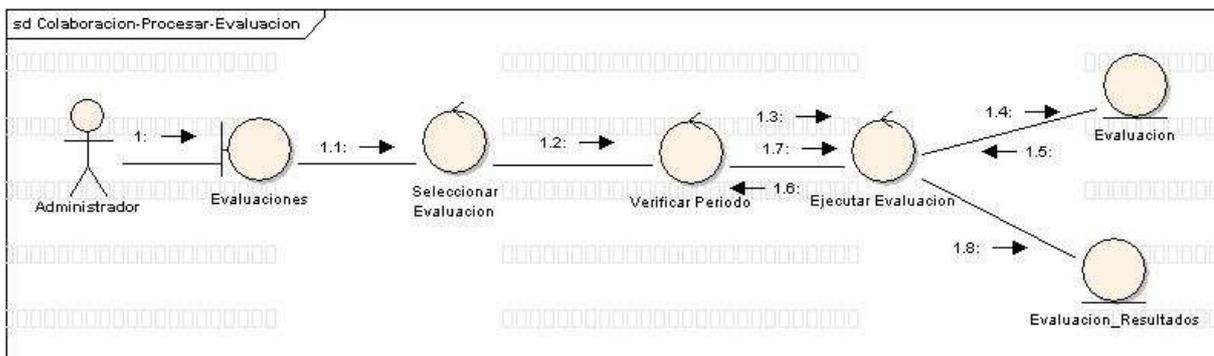


Figura No. 37. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación

No.	DESCRIPCIÓN
1	El actor Administrador selecciona la opción para el procesamiento de una evaluación concluida
1.1	Se selecciona la evaluación finalizada requerida por el usuario
1.2	Se envía la información de la evaluación seleccionada
1.3	Se envía la solicitud de verificación de las condiciones requeridas para el procesamiento de la evaluación
1.4	Se busca la información requerida en la entidad Evaluacion
1.5	Se retorna la información requerida
1.6	El actor selecciona un perfil para su modificación
1.7	Se envía el estado de la verificación de las condiciones requeridas para el procesamiento de la evaluación
1.8	Se registra el procesamiento en la entidad Evaluación Resultados

Tabla No. 44. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 7.

2.2.2.8. Caso de Uso 8: Ingresar Información Proyectos.

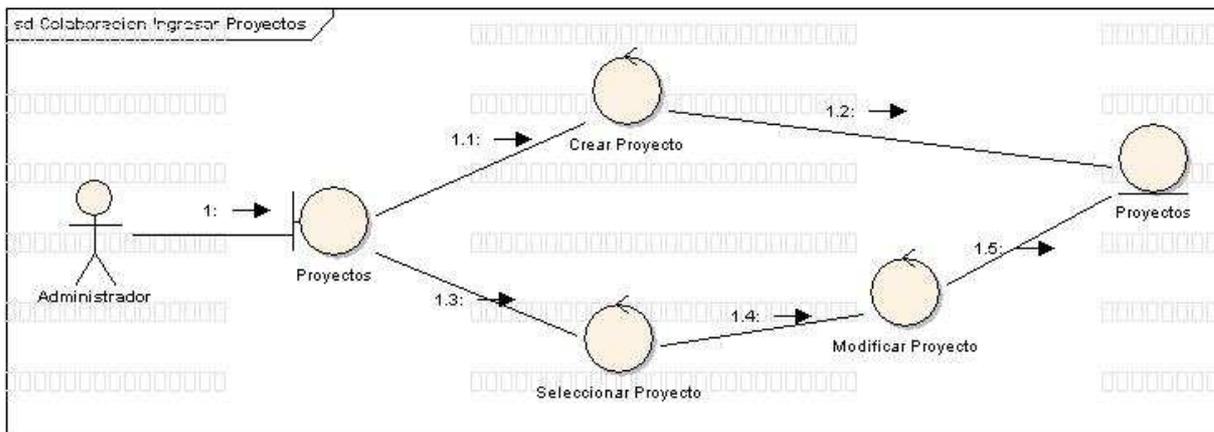


Figura No. 38. – Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 8. Ingresar Información Proyectos

No.	DESCRIPCIÓN
1	El actor Administrador selecciona la opción la gestión de un proyecto de investigación en el sistema
1.1	Se recibe la petición para crear un proyecto, así como la información requerida
1.2	Se registra la creación en la entidad Proyectos
1.3	Se selecciona un proyecto determinado por petición del usuario
1.4	Se envía la información requerida para la modificación del proyecto seleccionado
1.5	Se registra la edición en la entidad Proyectos

Tabla No. 45. Elementos de Diagrama de Colaboración. Caso de Uso 8.

2.3. DISEÑO.

2.3.1. DIAGRAMAS DE SECUENCIA DE DISEÑO.

2.3.1.1. Caso de Uso 1: Verificar Parámetros.

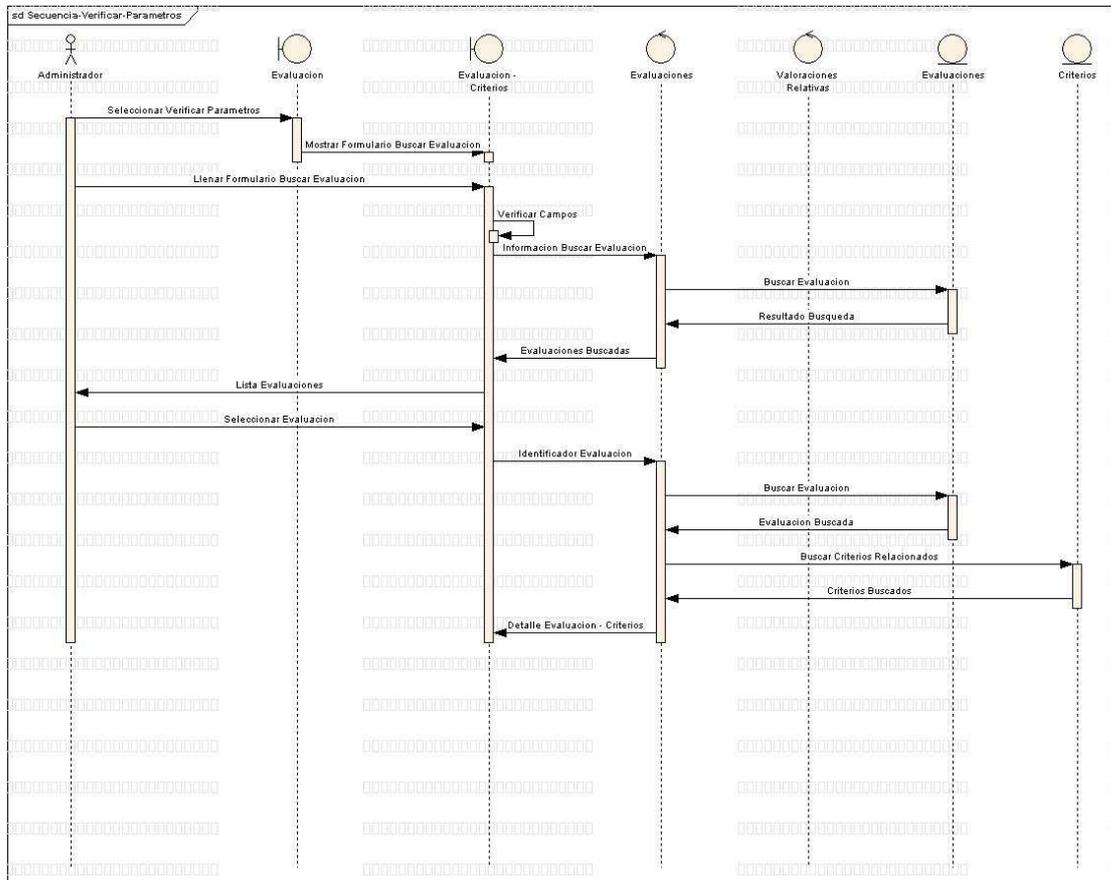


Figura No. 39. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 1. Verificar parámetros

2.3.1.2. Caso de Uso 2: Ingresar Valoraciones.

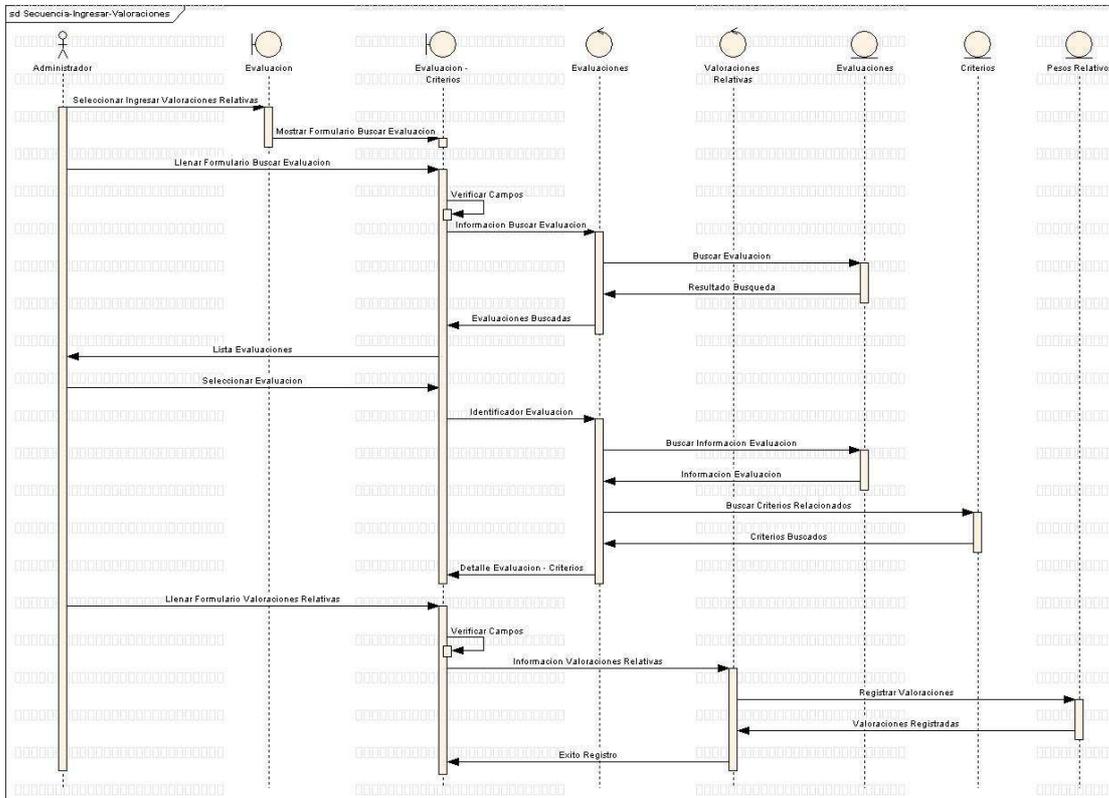


Figura No. 40. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones. Escenario Valoraciones Relativas

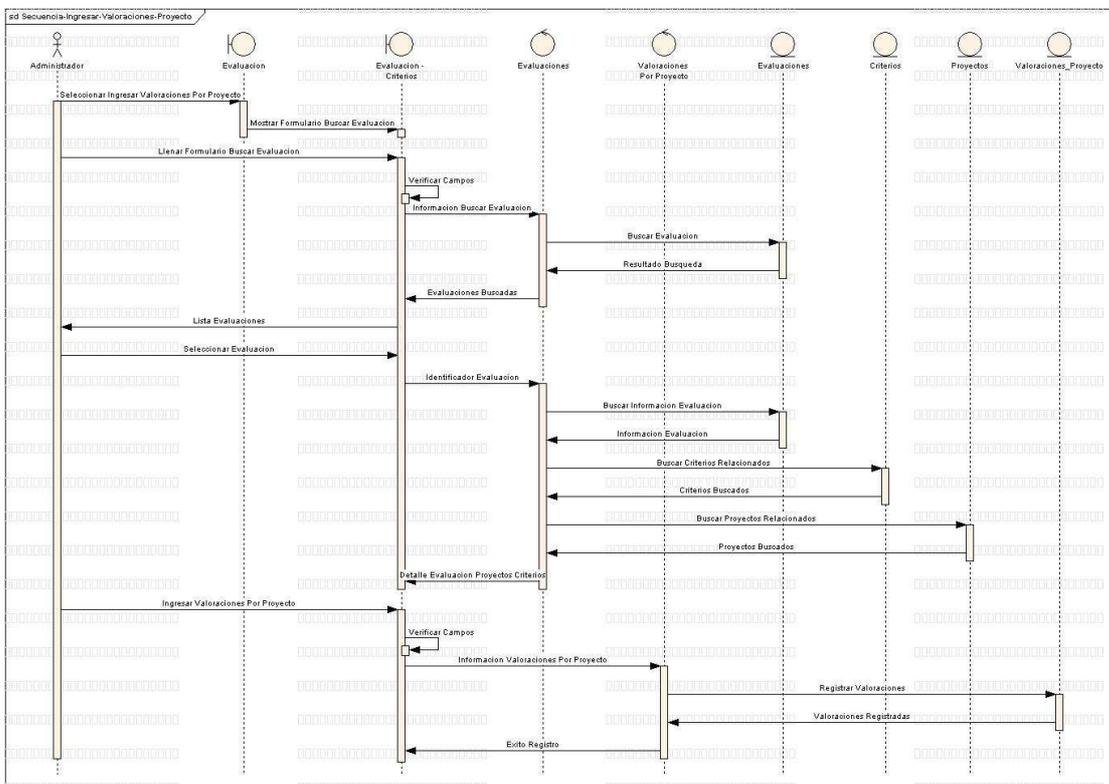


Figura No. 41. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 2. Ingresar Valoraciones. Escenario Valoraciones por Proyecto

2.3.1.3. Caso de Uso 3: Consultar Resultados.

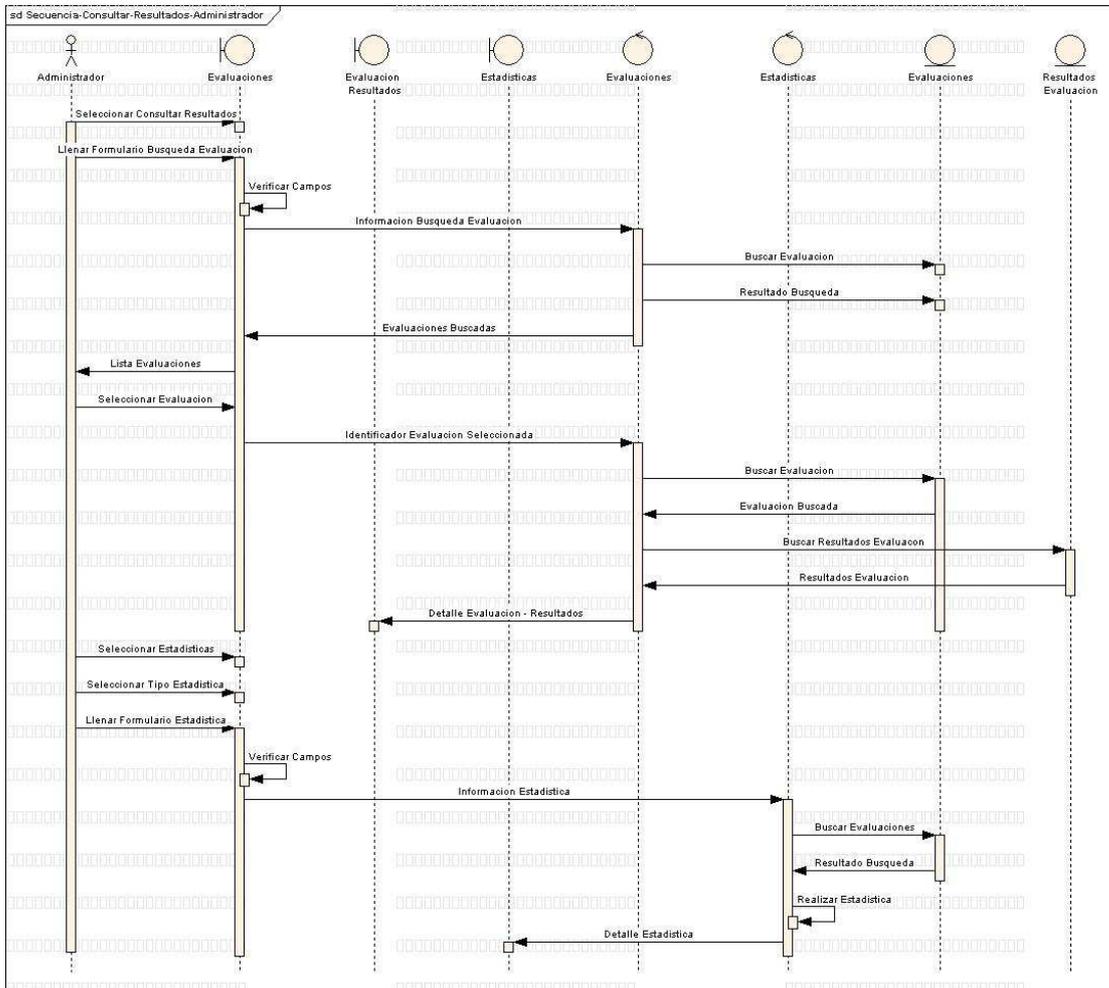


Figura No. 42. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 3. Consultar Resultados. Actor Administrador

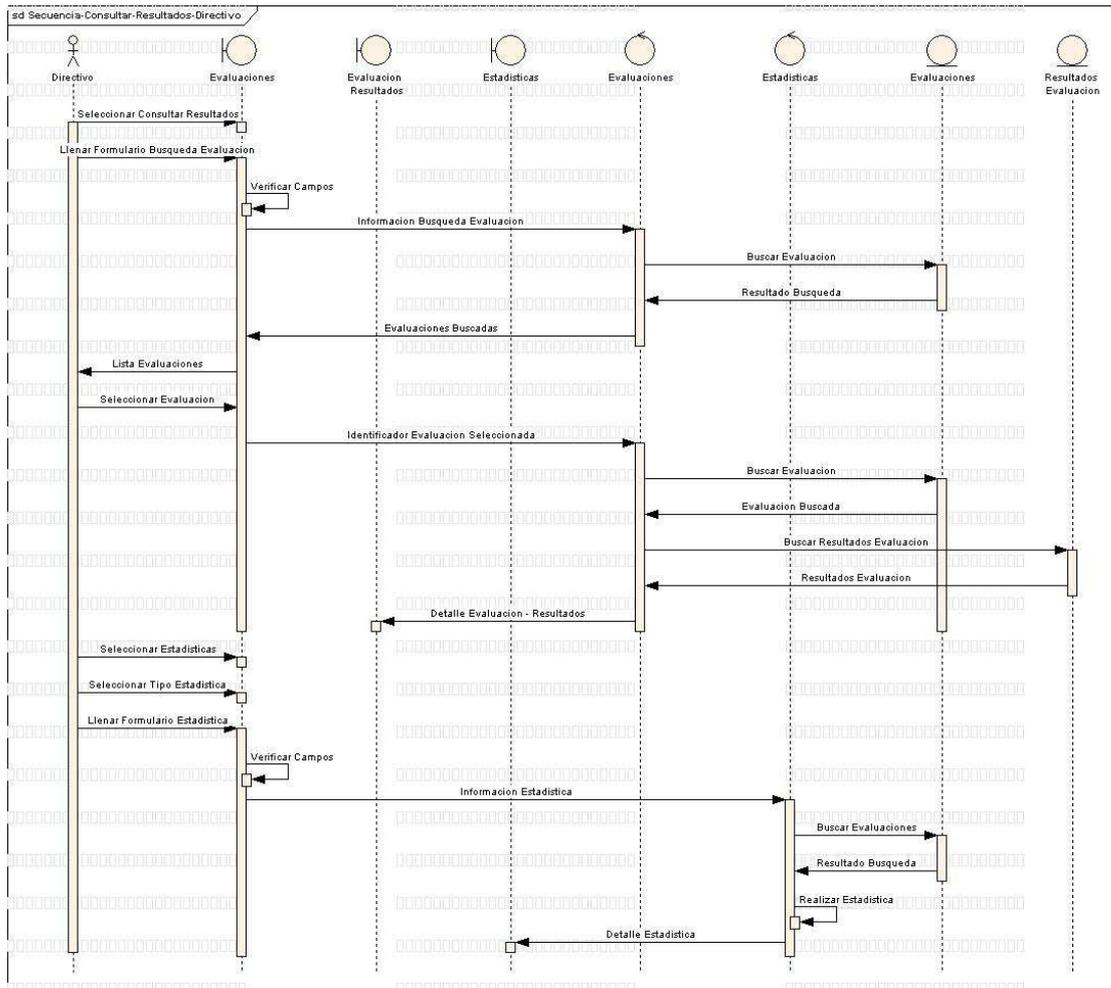


Figura No. 43. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 3. Consultar Resultados. Actor Directivo

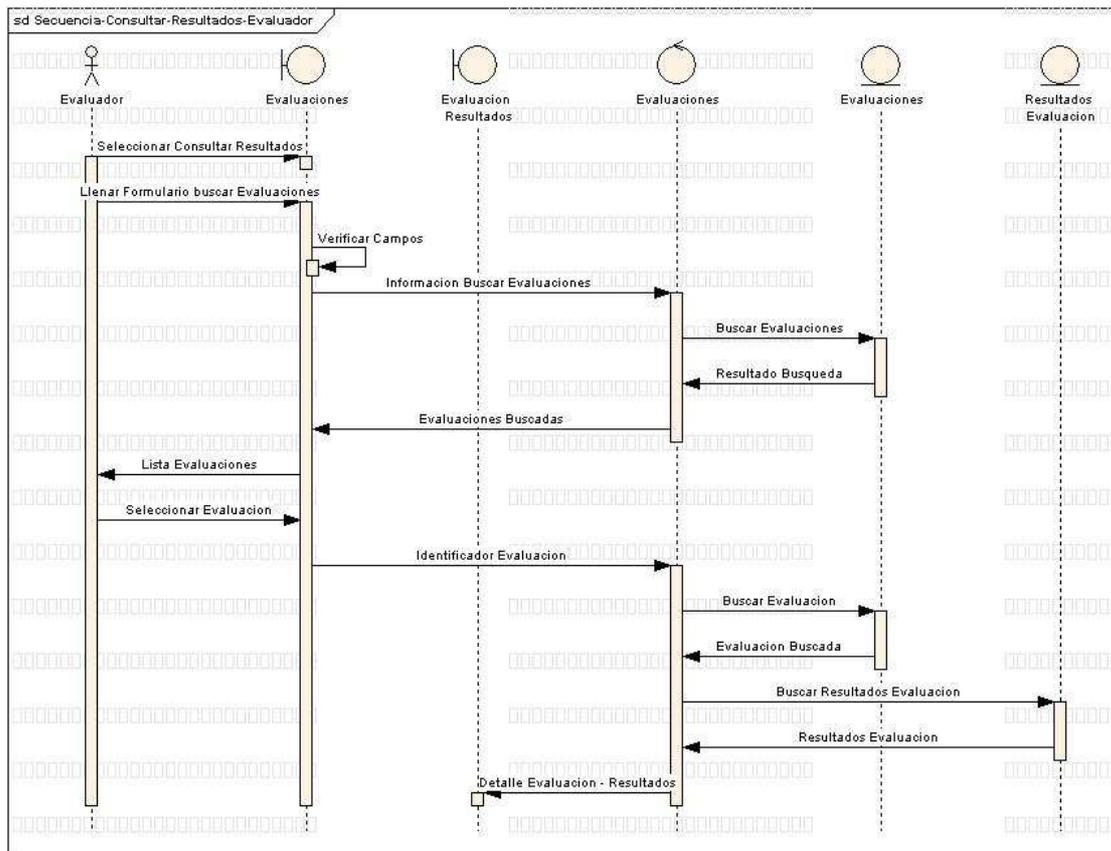


Figura No. 44. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 3. Consultar Resultados. Actor Evaluador

2.3.1.4. Caso de Uso 4: Administración Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos.

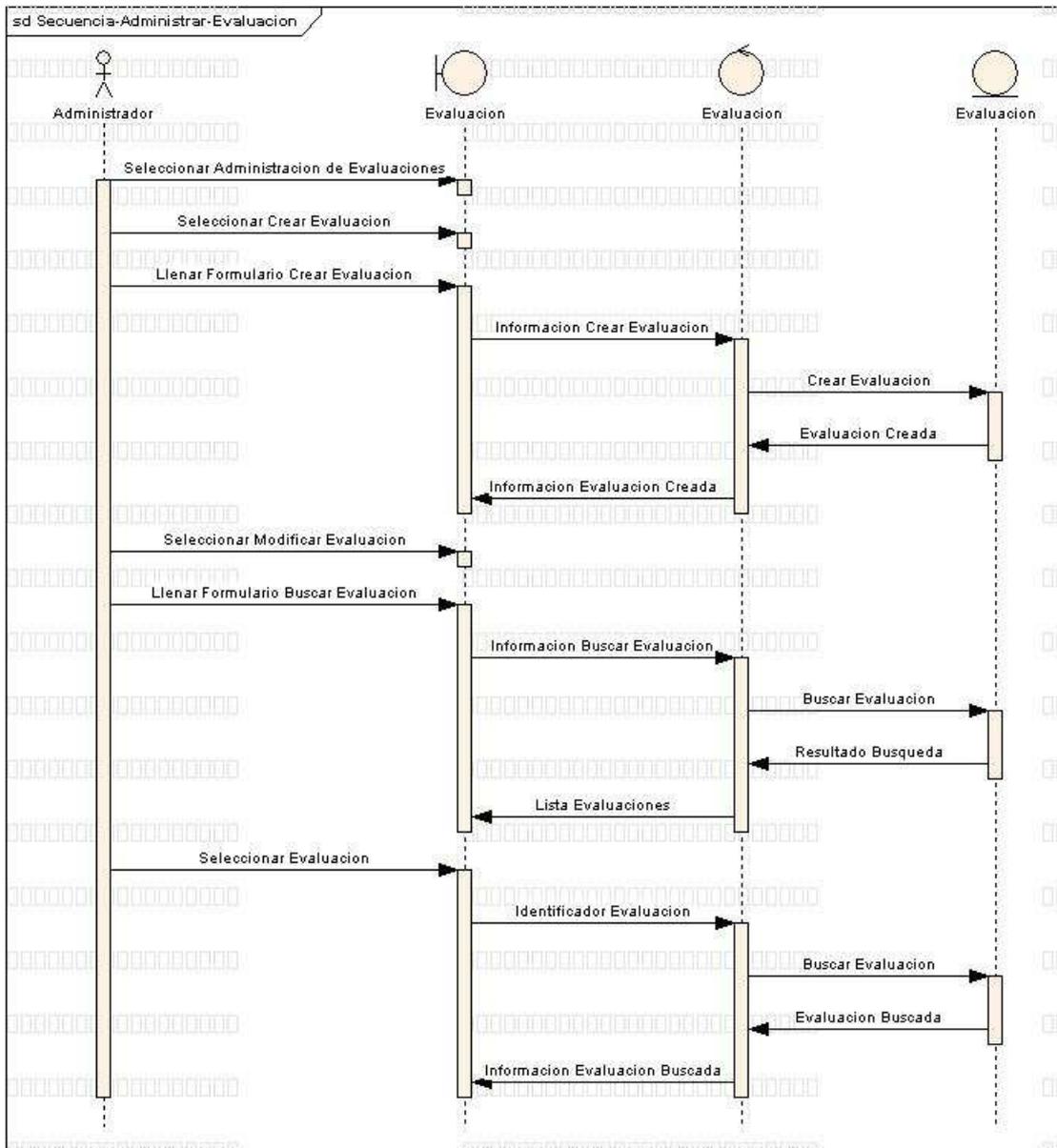


Figura No. 45. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluacion

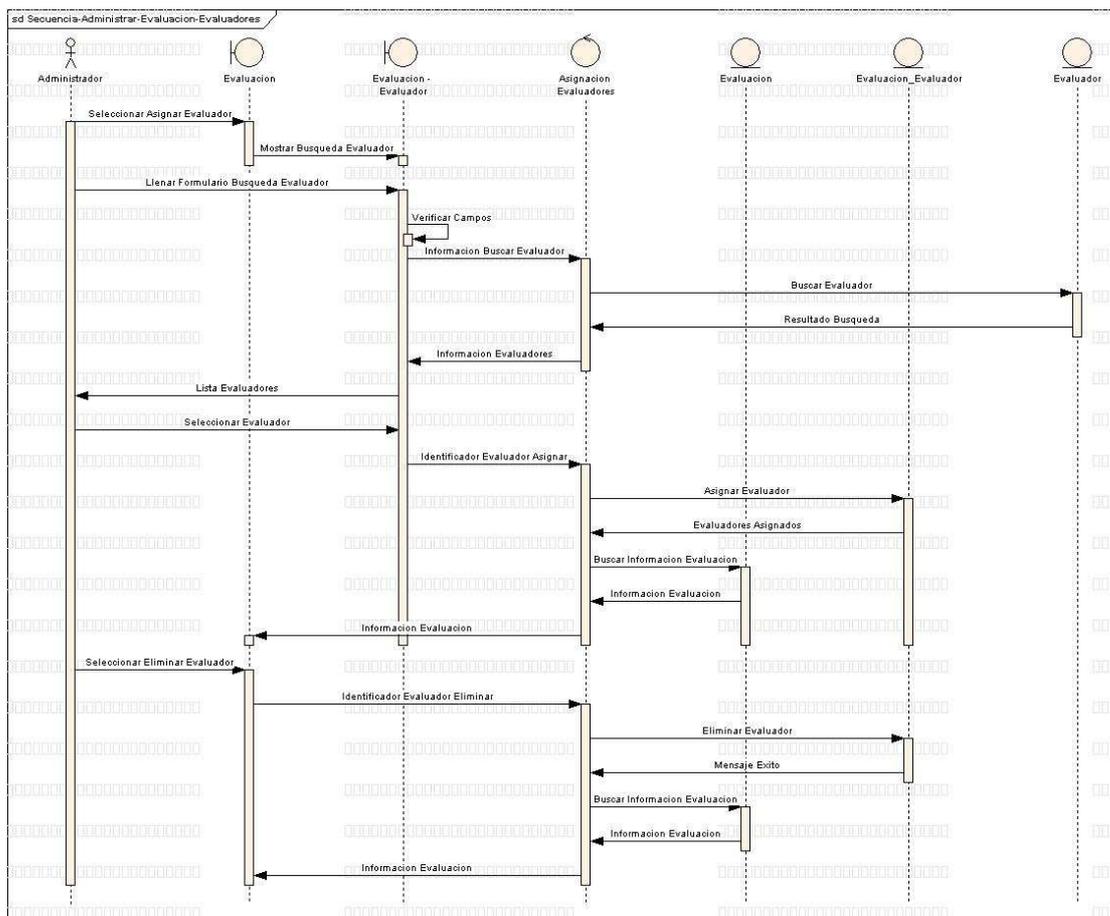


Figura No. 46. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluacion - Evaluadores

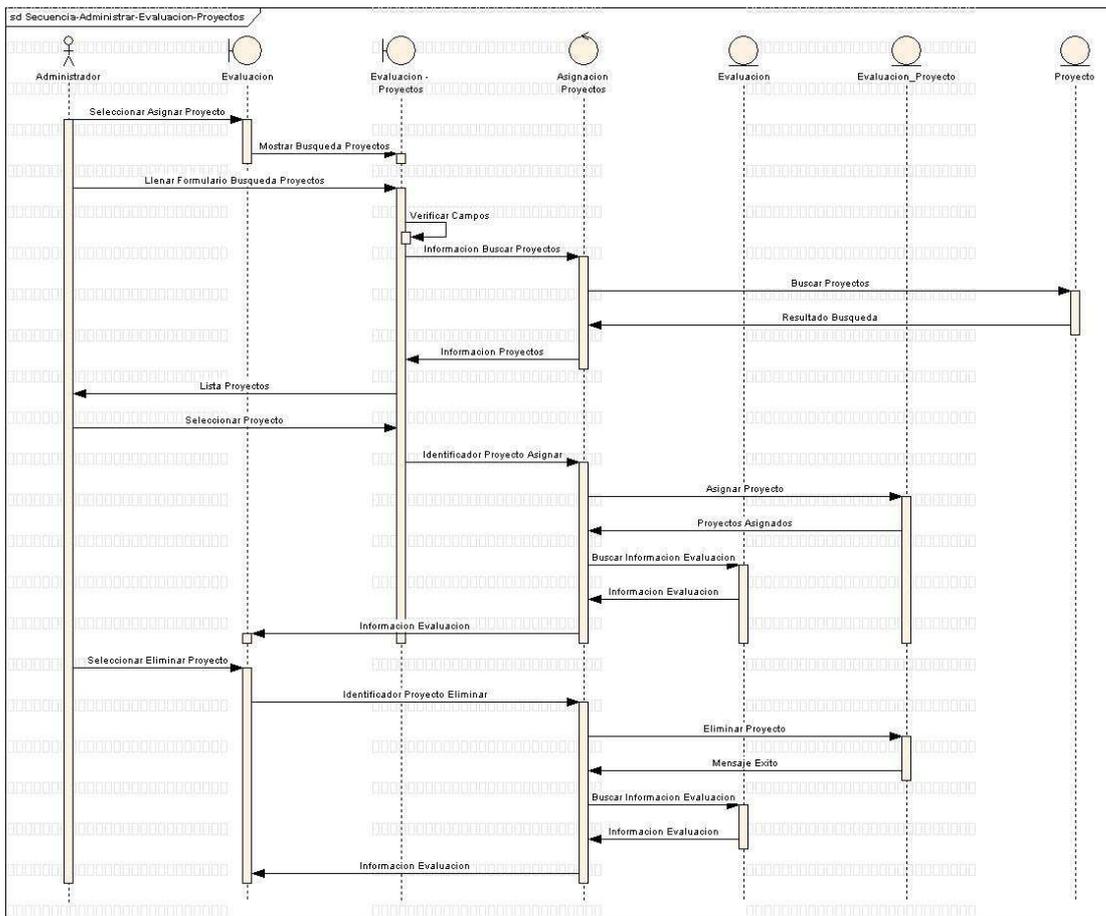


Figura No. 47. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluación - Proyectos

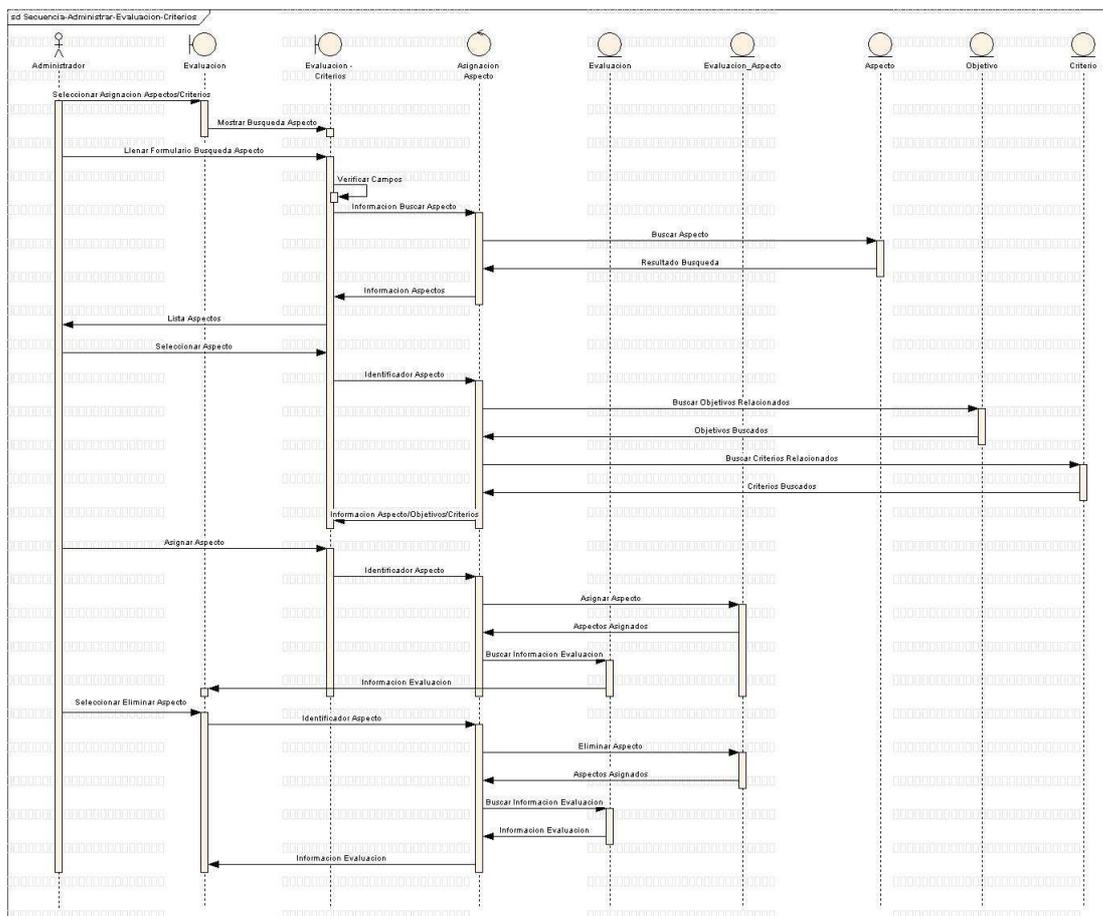


Figura No. 48. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluación - Criterios

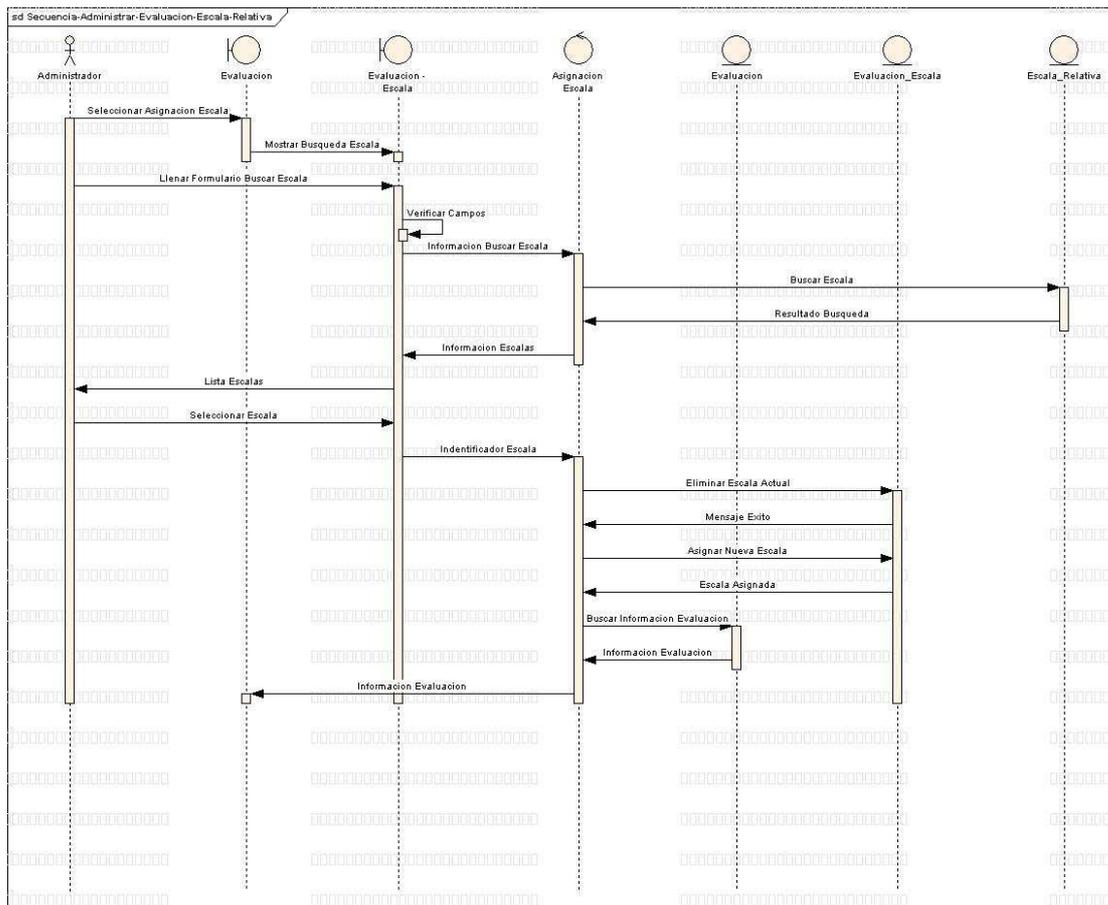


Figura No. 49. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 4. Administrar Parámetros/Criterios Evaluación Proyectos. Escenario Evaluación – Escala Relativa

2.3.1.5. Caso de Uso 5: Administración General.

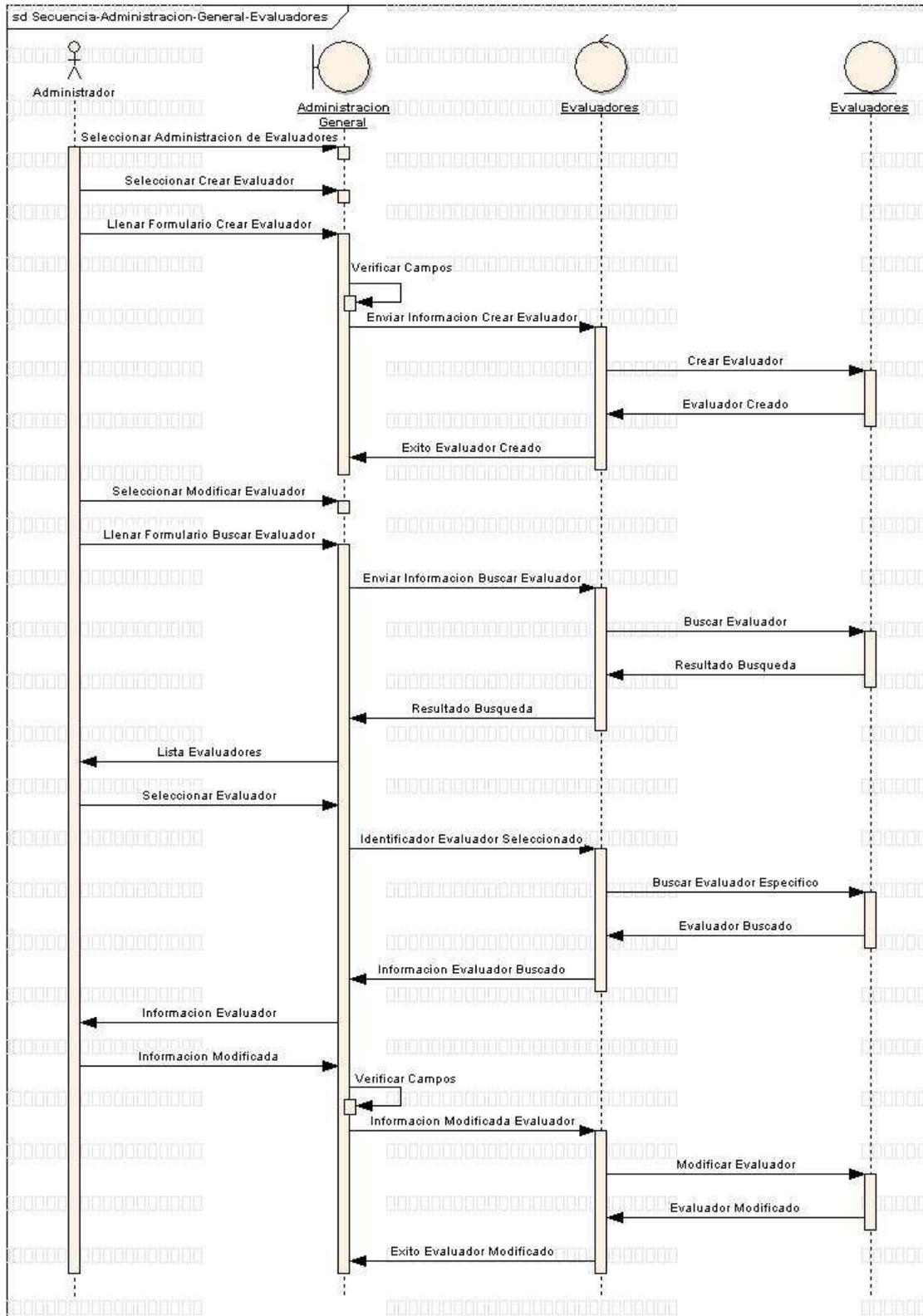


Figura No. 50. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Evaluadores

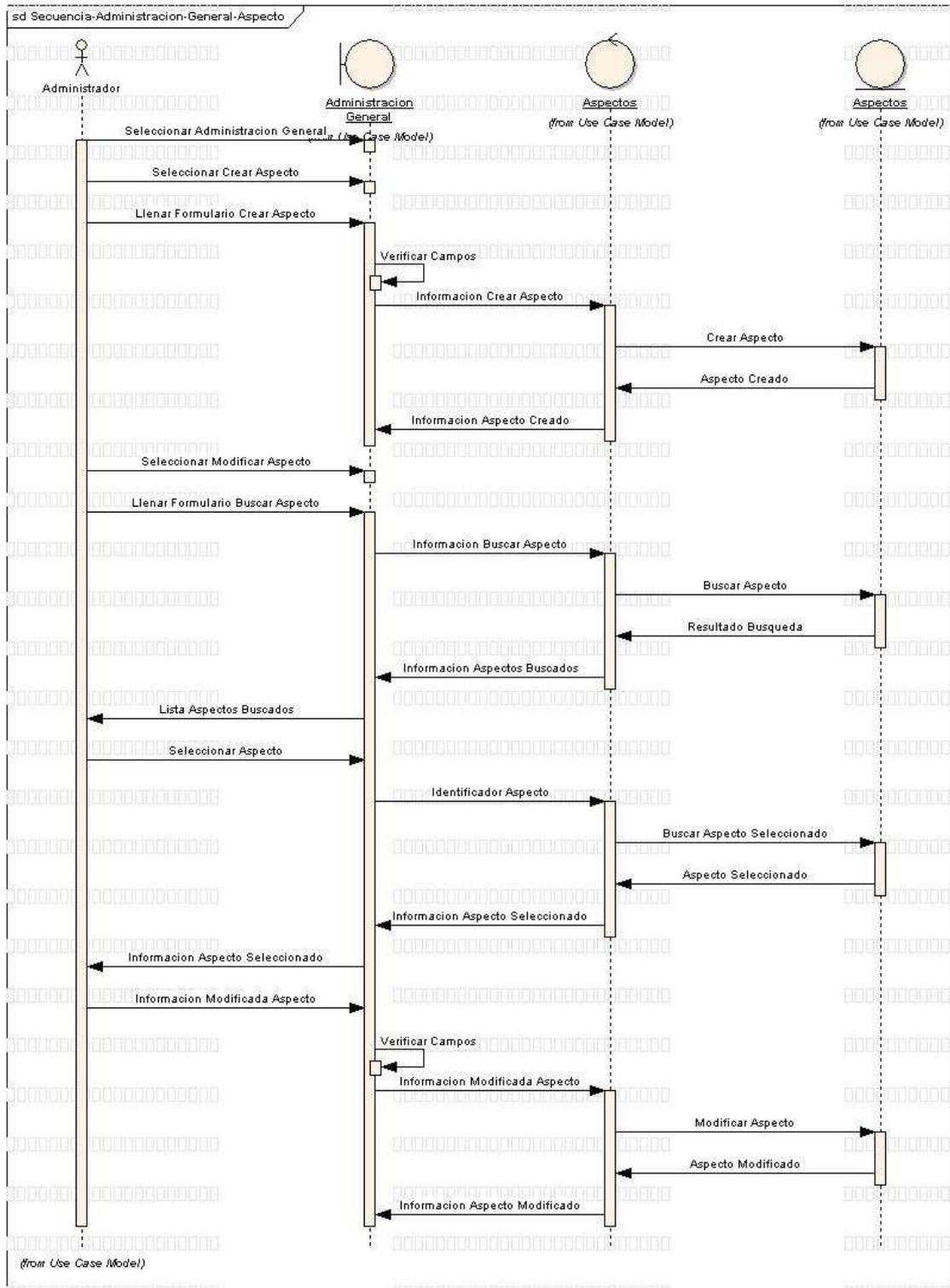


Figura No. 51. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Aspectos

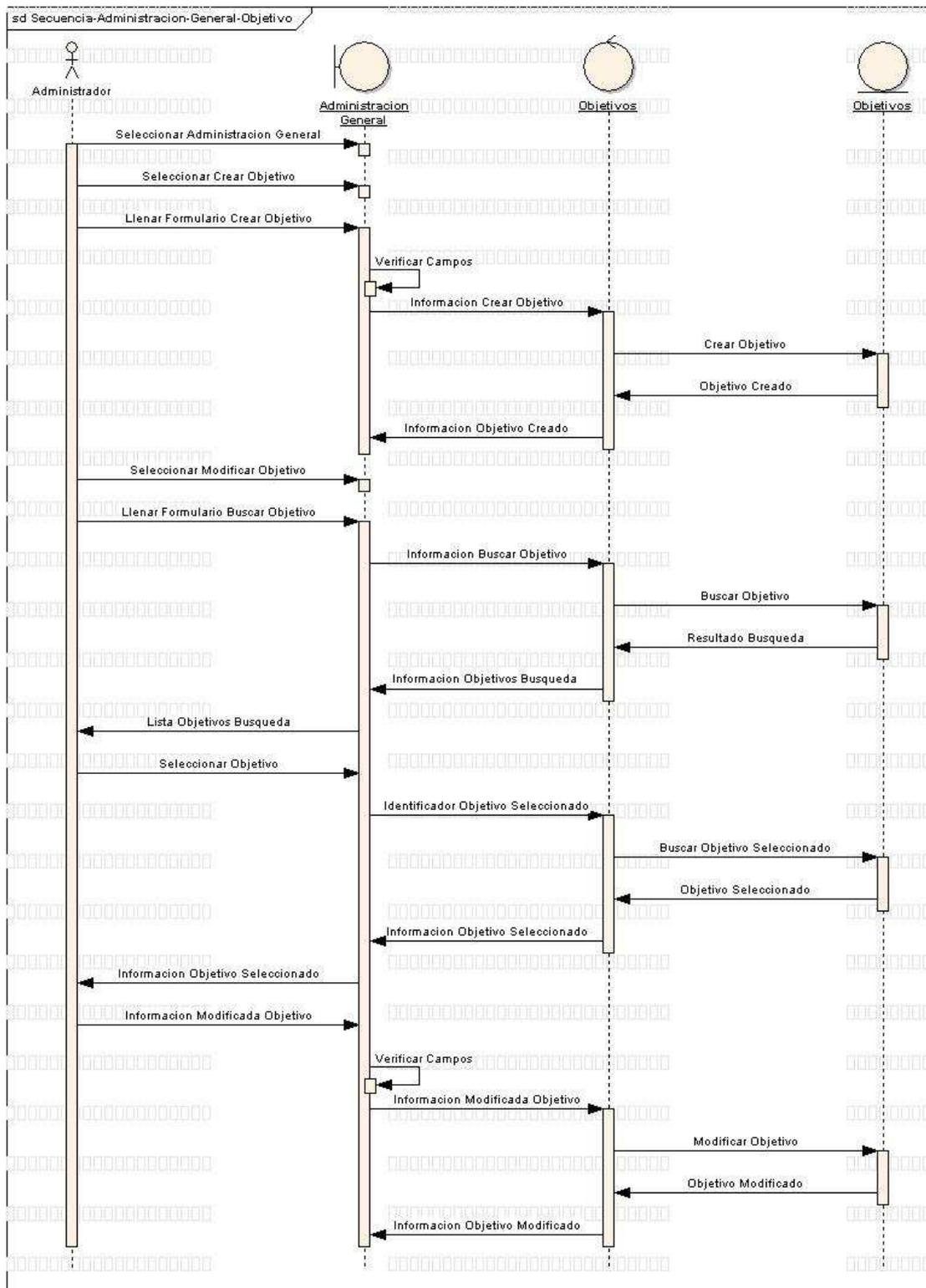


Figura No. 52. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Objetivos

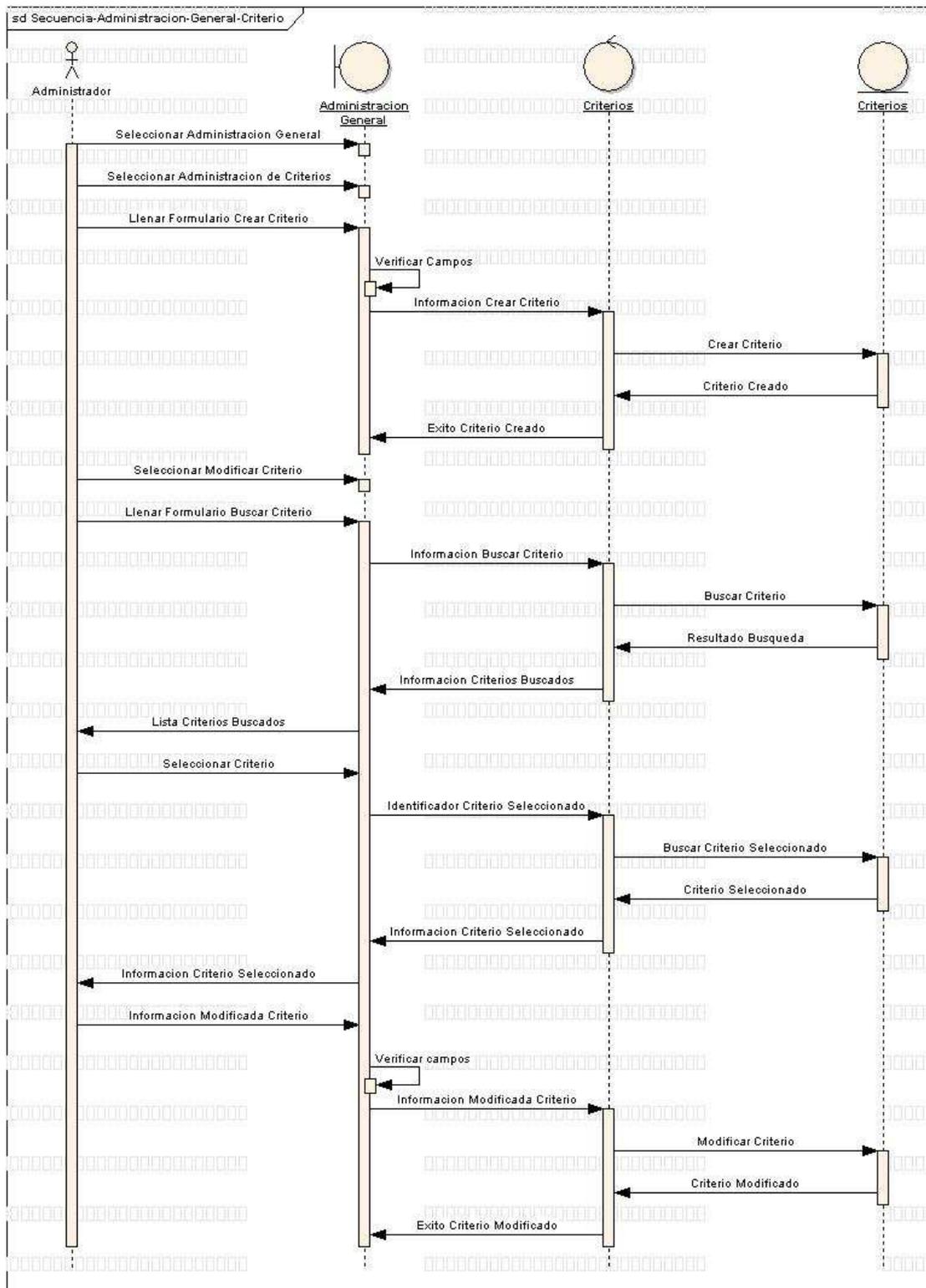


Figura No. 53. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Criterios

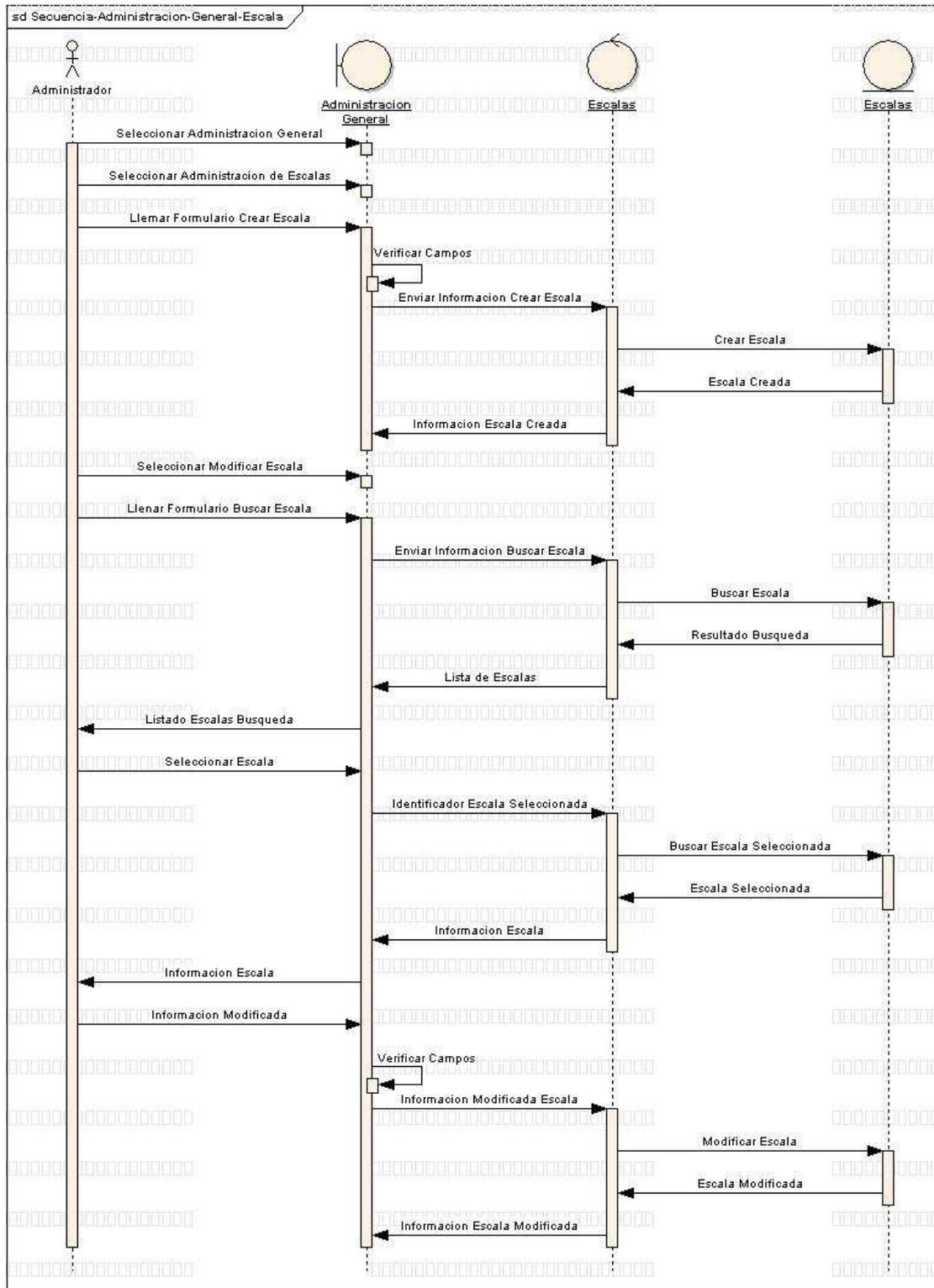


Figura No. 54. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 5. Administración General. Escenario Escalas

2.3.1.6. Caso de Uso 6: Gestionar Usuarios y Perfiles.

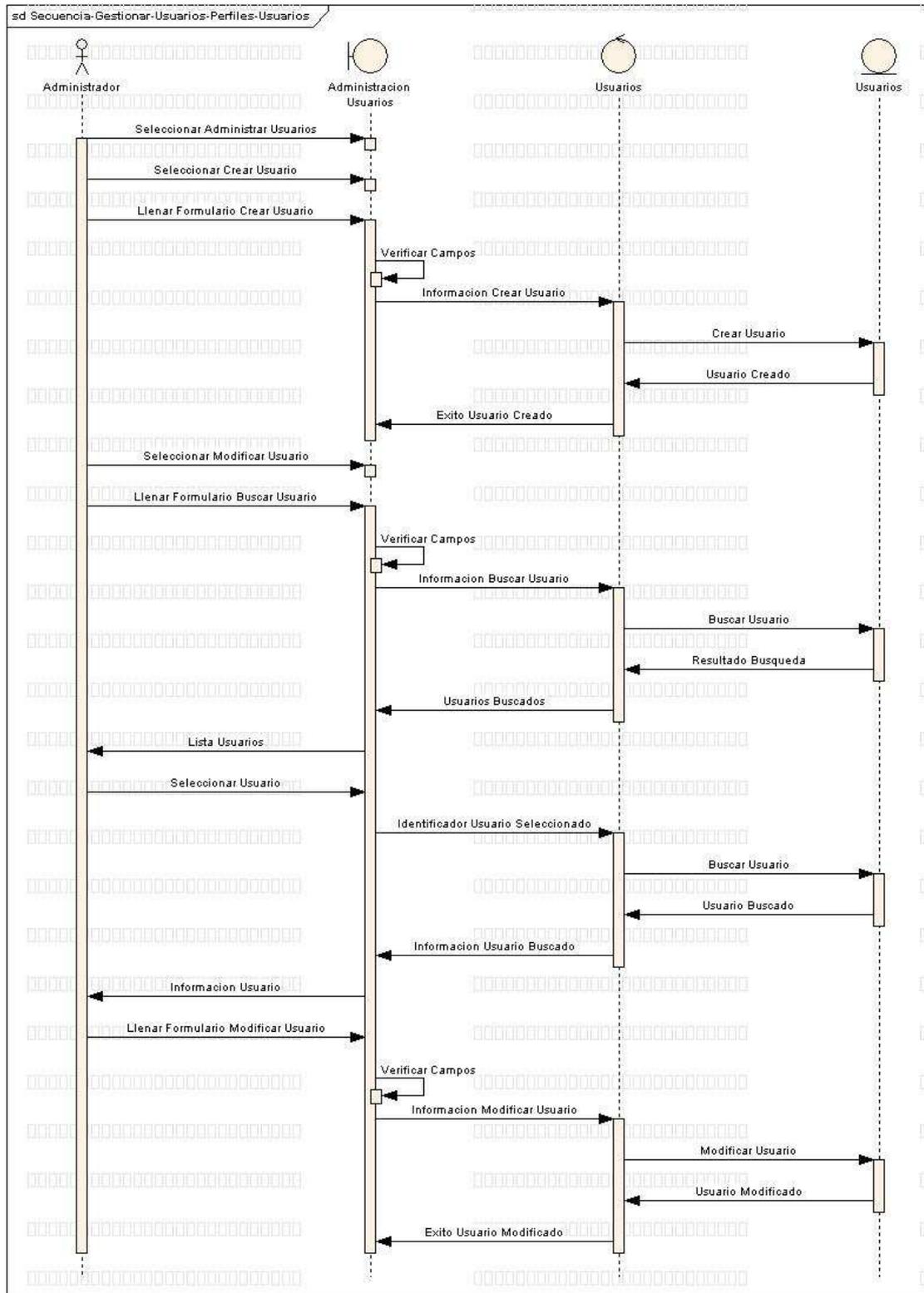


Figura No. 55. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles. Escenario Usuarios

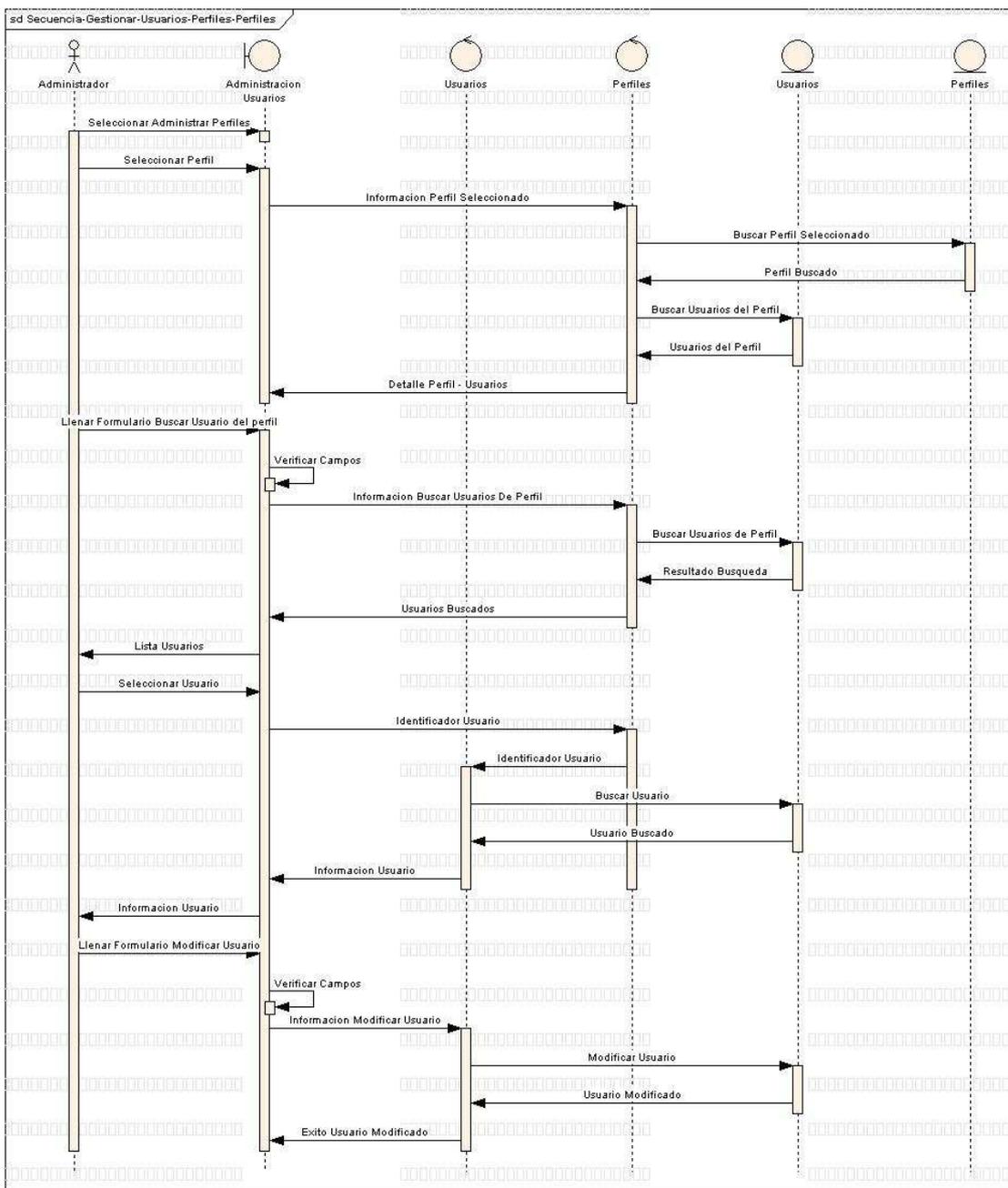


Figura No. 56. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 6. Gestionar Usuarios y Perfiles. Escenario Perfiles

2.3.1.7. Caso de Uso 7: Procesar Evaluación.

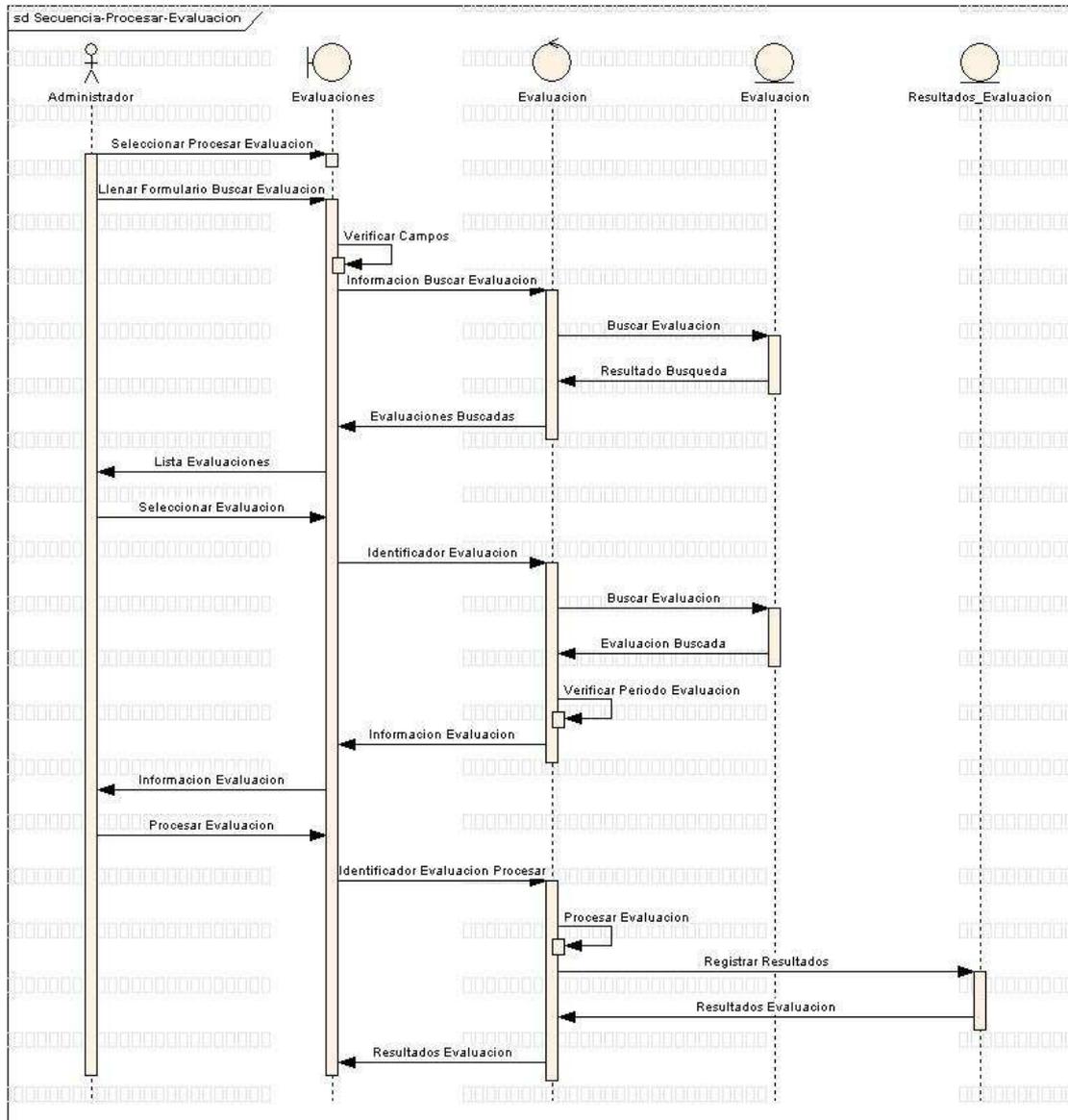


Figura No. 57. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 7. Procesar Evaluación

2.3.1.8. Caso de Uso 8: Ingresar Información Proyectos.

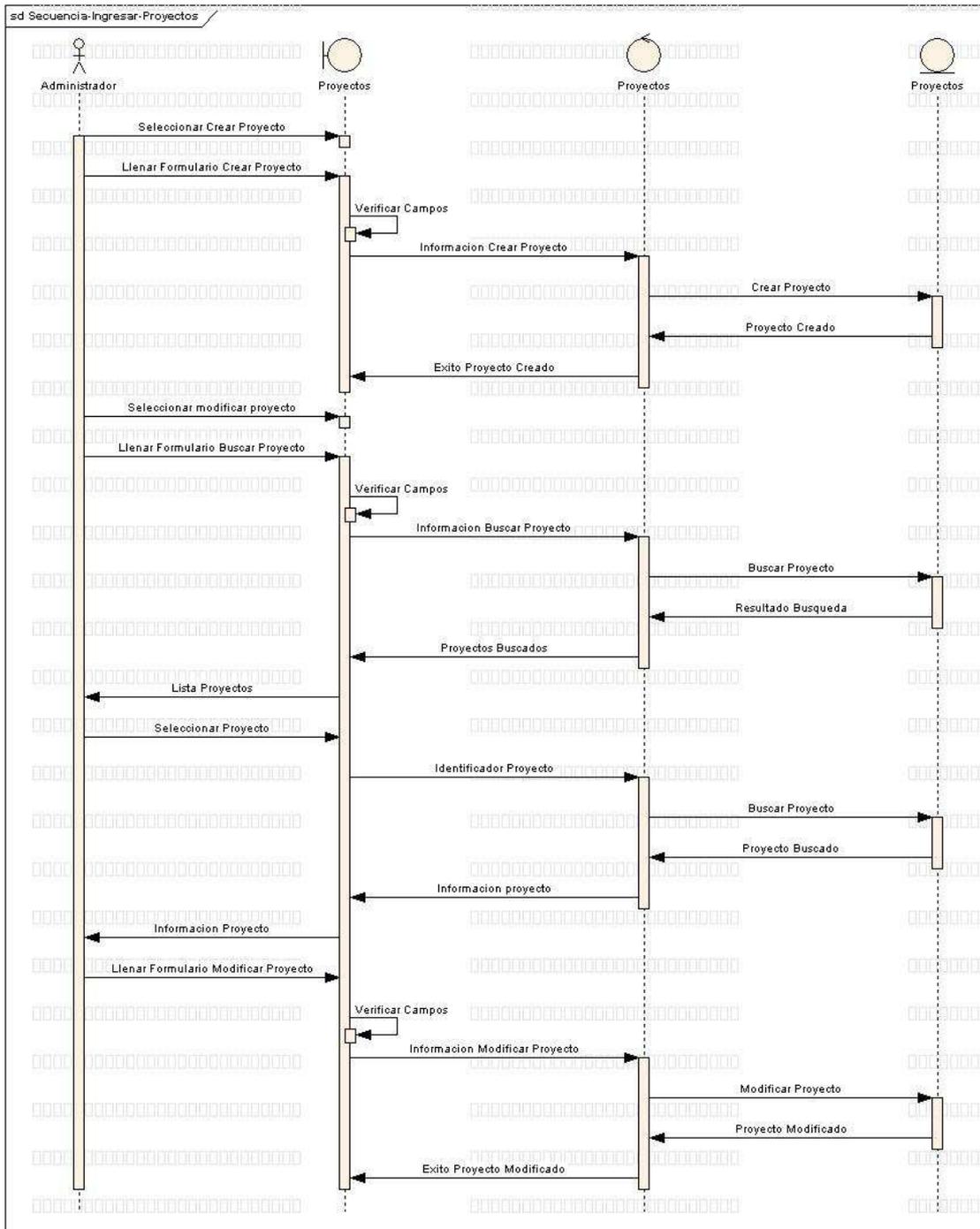


Figura No. 58. – Diagrama de Secuencia. Caso de Uso 8. Ingresar Información Proyectos.

2.3.2. DIAGRAMA DE CLASES DE DISEÑO.

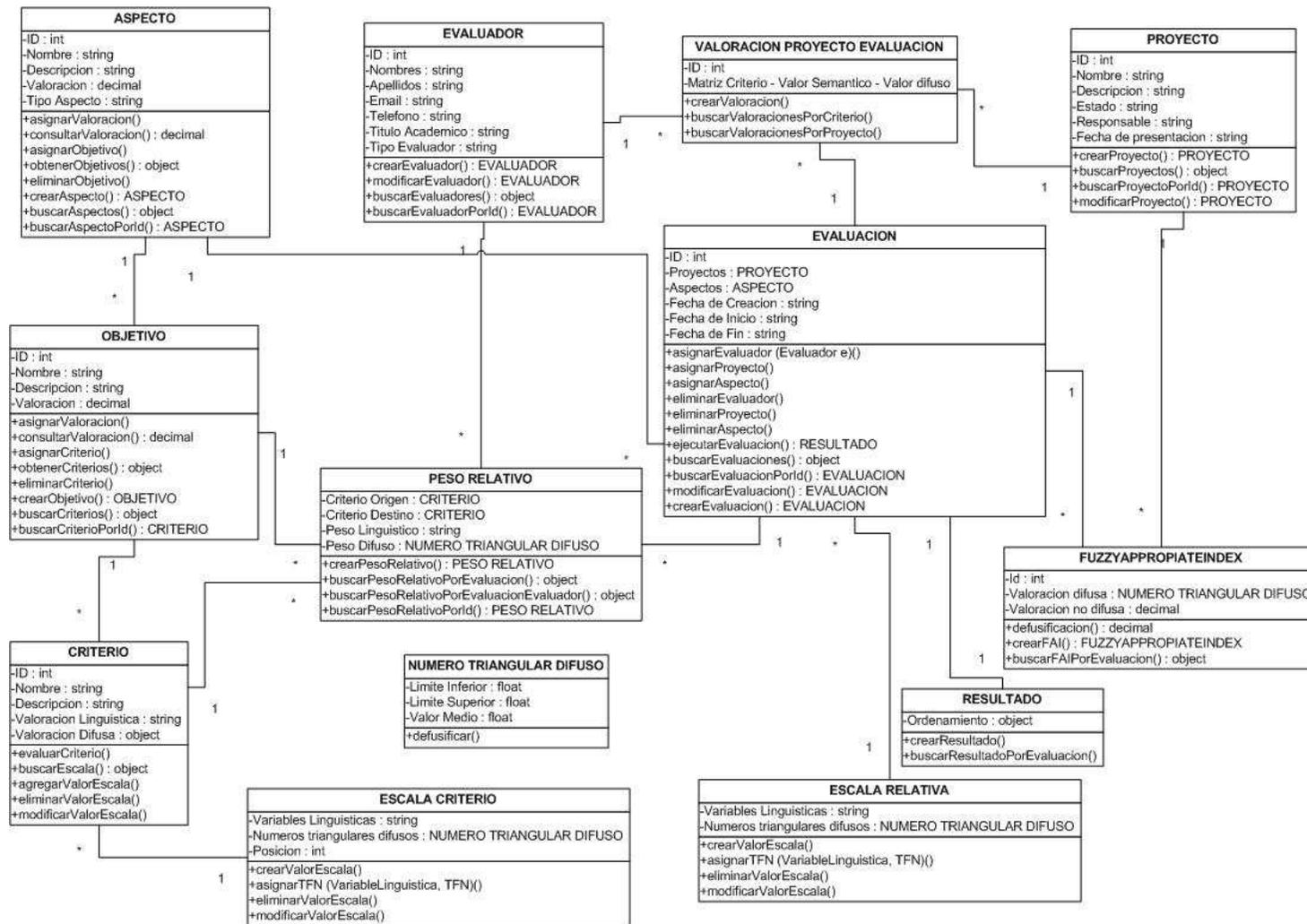


Figura No. 59. – Diagrama de Clases de Diseño

2.3.2.1. DESCRIPCION.

CLASE ASPECTO

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
asignarValoracion()	Método que permite dar valor a un aspecto.
ConsultarValoracion()	Método que permite consultar una valoración de un cierto aspecto asignado previamente.
asignarObjetivos()	Método que permite asignar objetivos los cuales pertenecen a un determinado aspecto.
obtenerObjetivos()	Desplegar objetivos que pertenecen a cierto aspecto.
eliminarObjetivos()	Permite eliminar un objetivo creado.
crearAspecto()	Permite crear un aspecto, retorna el objeto creado.
buscarAspectos()	Método que permite buscar aspectos ingresado por algún criterio de búsqueda.
buscarAspectoPorId()	Método que permite buscar un aspecto por el id que lo identifica.

Tabla No. 46. Métodos de la Clase Aspecto.

CLASE OBJETIVO

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
asignarValoracion()	Método que permite dar valor a un objetivo.
ConsultarValoracion()	Método que permite consultar una valoración de un cierto objetivo asignado previamente.
asignarCriterios()	Método que permite asignar criterios los cuales pertenecen a un determinado objetivo.
obtenerCriterios()	Desplegar los criterios que pertenecen a cierto objetivo.
eliminarCriterio()	Permite eliminar un criterio, previamente creado.
crearObjetivo()	Permite ingresar un objetivo de tipo objetivo.
buscarCriterios()	Permite buscar criterios por algún criterio de búsqueda.
buscarCriterioPorId()	Permite buscar la información de un criterio por su campo clave (id).

Tabla No. 47. Métodos de la Clase Objetivo.

CLASE CRITERIO

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
evaluarCriterio()	Método que permite ingresar la valoración de un criterio, por parte de los evaluadores.
buscarEscala()	Método que permite buscar la información de la escala asignada a un criterio.
agregarValorEscala()	Método que permite ingresar el valor de una escala para cierto criterio.
eliminarValorEscala()	Método que permite eliminar una escala asignada a un criterio.
modificarValorEscala()	Permite modificar la escala asignada a un criterio.

Tabla No. 48. Métodos de la Clase Criterio.

CLASE ESCALA RELATIVA

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
crearValorEscala()	Método que permite crear una escala y su valor.
asignarTFN(VariableLinguistica, TFN)	Método que permite asignar un número triangular difuso a una variable lingüística, recibe como parámetros la variable lingüística y el correspondiente número difuso.

eliminarValorEscala()	Método que permite eliminar un valor asignado a cierta escala.
modificarValorEscala()	Método que permite modificar el valor asignado a cierta escala.

Tabla No. 49. Métodos de la Clase Escala Relativa.

CLASE ESCALA CRITERIO

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
crearValorEscala()	Método que permite crear una escala y su valor.
asignarTFN(VariableLinguistica, TFN)	Método que permite asignar un número triangular difuso a una variable lingüística, recibe como parámetros la variable lingüística y el correspondiente número difuso.
eliminarValorEscala()	Método que permite eliminar un valor asignado a cierta escala.
modificarValorEscala()	Método que permite modificar el valor asignado a cierta escala.

Tabla No. 50. Métodos de la Clase Escala Criterio.

CLASE PESO RELATIVO

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
crearPesoRelativo()	Método que permite crear un objeto de la clase.
buscarPesoRelativoPorEvaluacion()	Método que permite buscar los pesos relativos que se ha ingresado para cierta evaluación, en un periodo establecido.
buscarPesoRelativoPorEvaluacionEvaluador()	Método que permite buscar los pesos relativos que se ha ingresado para cierta evaluación, en un periodo establecido de algún evaluador.
buscarPesoRelativoPorId()	Método que permite buscar la información de un peso relativo por su campo clave (id)

Tabla No. 51. Métodos de la Clase Peso Relativo.

CLASE EVALUACION

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
asignarEvaluador (Evaluador e)	Método que permite asignar un evaluador a la evaluación actual, recibe como parámetro un objeto de tipo Evaluador.
asignarProyecto()	Método que permite asignar un proyecto a una evaluación.
eliminarEvaluador()	Método que permite eliminar un evaluador de una evaluación.
eliminarProyecto()	Método que permite eliminar un proyecto de una evaluación.
eliminarAspecto()	Método que permite eliminar un aspecto que pertenece a una evaluación.
ejecutarEvaluacion()	Método para ejecutar el proceso matemático de la evaluación una vez que han sido ingresados todos los proyectos, los parámetros y las evaluaciones respectivas.
buscarEvaluaciones()	Método que permite buscar la información de las evaluaciones por cierto criterio de búsqueda.
buscarEvaluacionPorId()	Método que permite buscar la información de una evaluación por su campo clave (id).
modificarEvaluacion()	Método que permite modificar la información de una

	evaluación.
crearEvaluacion()	Método que permite ingresar la información de una evaluación.

Tabla No. 52. Métodos de la Clase Evaluación.

CLASE FUZZYAPPROPIATEINDEX

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
defusificar()	Método para defusificar la valoración que recibió el proyecto en la evaluación seleccionada.
crearFAI()	Método que permite crear los índices apropiados difusos.
buscarFAIPor Evaluacion()	Método que permite buscar índices apropiados difusos por evaluación.

Tabla No. 53. Métodos de la Clase Fuzzy Appropriate Index.

CLASE VALORACION PROYECTO EVALUACION

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
crearValoracion()	Método que sirve para crear las valoraciones respectivas.
buscarValoracionesPorCriterio()	Método para buscar las valoraciones por criterios.
buscarValoracionesPorProyecto()	Método para buscar las valoraciones por proyecto.

Tabla No. 54. Métodos de la Clase Valoración Proyecto Evaluación.

CLASE EVALUADOR

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
crearEvaluador()	Método que sirve para ingresar información de los evaluadores.
modificarEvaluador()	Método para cambiar información ingresada de un evaluador.
buscarEvaluadores()	Método para buscar la información de los evaluadores.
buscarEvaluadorPorId()	Método para buscar la información de un evaluador por su campo clave (id).

Tabla No. 55. Métodos de la Clase Evaluador.

CLASE PROYECTO

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
crearProyecto()	Método que sirve para ingresar información de un proyecto.
modificarProyecto()	Método para cambiar información ingresada de un proyecto.
buscarProyectos()	Método para buscar la información de los proyectos.
buscarProyectoPorId()	Método para buscar la información de un proyecto por su campo clave (id).

Tabla No. 56. Métodos de la Clase Proyecto.

CLASE RESULTADO

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
crearResultado()	Método que permite crear un objeto de tipo resultado, con el fin de obtener los resultados de una evaluación.
buscarResultadoPorEvaluación()	Método que permite buscar información de los resultados obtenidos en las evaluaciones.

Tabla No. 57. Métodos de la Clase Resultado.

CLASE NUMERO TRIANGULAR DIFUSO	
MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
defusificar()	Método para defusificar un número triangular difuso.

Tabla No. 58. Métodos de la Clase Numero Triangular Difuso.

2.3.3. MODELO FÍSICO DE LA BASE DE DATOS.

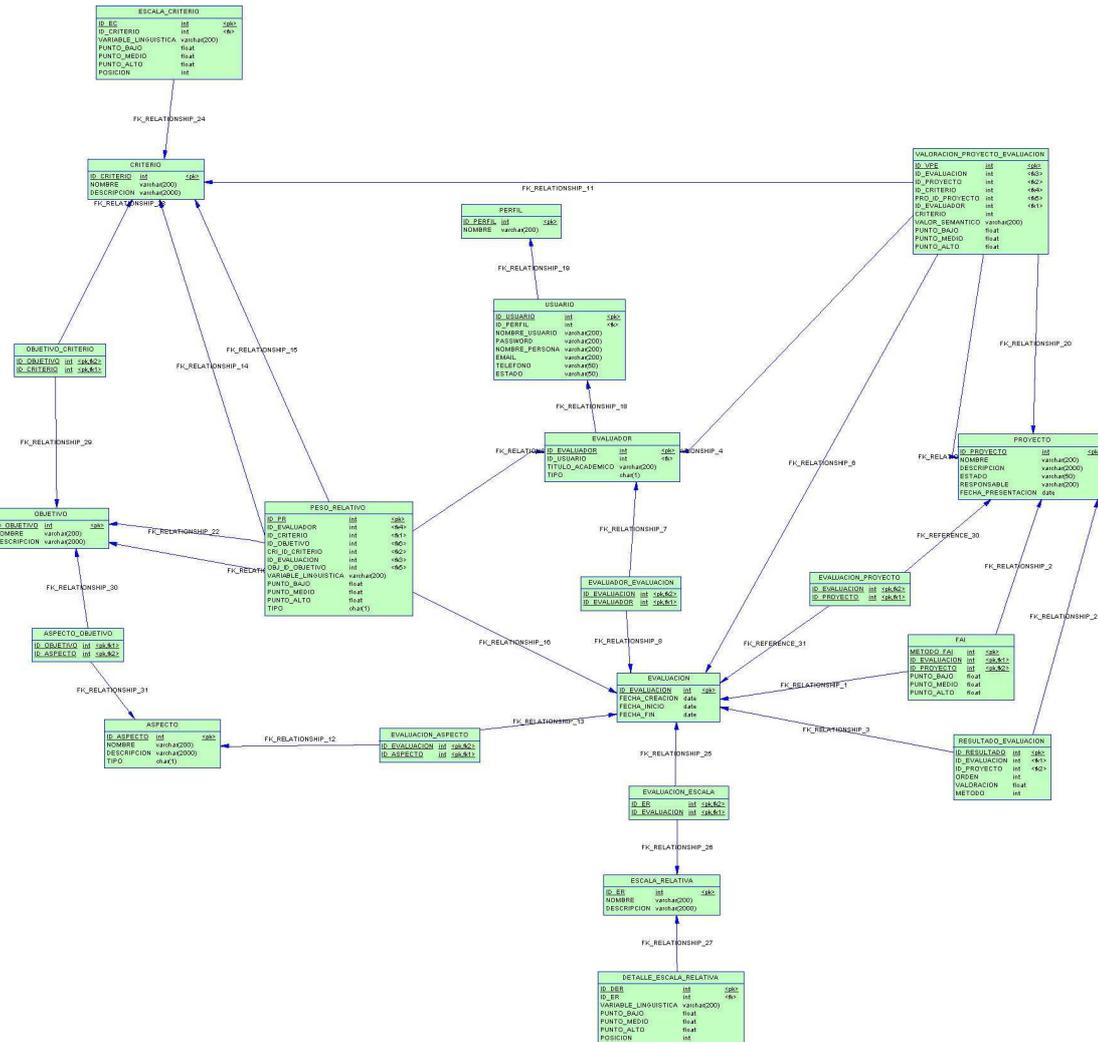


Figura No. 60. – Modelo Físico de Base de Datos

DICCIONARIO DEL MODELO FISICO DE BASE DE DATOS.

Tabla: ASPECTO

Descripcion: Tabla que contiene los datos de los Aspectos de Evaluación

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_ASPECTO	Identificador del Aspecto de Evaluación
NOMBRE	Nombre del Aspecto de Evaluación
DESCRIPCION	Descripción del Aspecto

Tabla No. 59. Campos de la tabla de base de datos ASPECTO.

Tabla: ESCALA_RELATIVA**Descripción:** Tabla que contiene la información de las escalas relativas de evaluación

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_ER	Identificador de la Escala relativa
NOMBRE	Nombre de la Escala Relativa
DESCRIPCION	Descripción de la Escala Relativa

Tabla No. 60. Campos de la tabla de base de datos ESCALA_RELATIVA.

Tabla: EVALUACION**Descripción:** Tabla que contiene los datos de las Evaluaciones

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EVALUACION	Identificador de la Evaluación
FECHA_CREACION	Fecha en que se crea a la evaluación
FECHA_INICIO	Fecha de comienzo del período de evaluación
FECHA_FIN	Fecha de finalización del período de evaluación

Tabla No. 61. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION.

Tabla: EVALUACION_ASPECTO**Descripción:** Tabla que contiene los datos de una evaluación y los aspectos relacionados a ella

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EVALUACION	Identificador de la Evaluación
ID_ASPECTO	Identificador del Aspecto de Evaluación asignado

Tabla No. 62. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION_ASPECTO.

Tabla: EVALUACION_ESCALA**Descripción:** Tabla que contiene los datos de una evaluación y la escala relativa relacionada a ella

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EVALUACION	Identificador de la Evaluación
ID_ER	Identificador de la Escala Relativa asignada

Tabla No. 63. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION_ESCALA.

Tabla: EVALUACION_PROYECTO**Descripción:** Tabla que contiene los datos de la asignación de proyectos a las evaluaciones.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EVALUACION	Identificador de la Evaluación
ID_ER	Identificador de la Escala Relativa asignada

Tabla No. 64. Campos de la tabla de base de datos EVALUACION_PROYECTO.

Tabla: OBJETIVO**Descripción:** Tabla que contiene los datos de los objetivos de evaluación

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_OBJETIVO	Identificador de la Evaluación
ID_ASPECTO	Identificador del Aspecto de Evaluación asignado
NOMBRE	Nombre del objetivo de evaluación
DESCRIPCION	Descripción del objetivo

Tabla No. 65. Campos de la tabla de base de datos OBJETIVO.

Tabla: PERFIL**Descripción:** Tabla que contiene los datos de los perfiles de usuario del sistema

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_PERFIL	Identificador del perfil
NOMBRE	Nombre del perfil

Tabla No. 66. Campos de la tabla de base de datos PERFIL.

Tabla: PROYECTO**Descripción:** Tabla que contiene los datos de los proyectos de evaluación registrados en el sistema

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_PROYECTO	Identificador del Proyecto de Evaluación
NOMBRE	Nombre del proyecto
DESCRIPCION	Descripción del Proyecto
ESTADO	Campo que determina si el proyecto está habilitado o no para ser asignado a una evaluación
RESPONSIBLE	Persona responsable del Proyecto
FECHA_PRESENTACION	Fecha de presentación del proyecto

Tabla No. 67. Campos de la tabla de base de datos PROYECTO.

Tabla: RESULTADO_EVALUACION**Descripción:** Tabla que contiene la información de los resultados de las evaluaciones que hayan concluido

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_RESULTADO	Identificador de la instancia de resultado de evaluación
ID_EVALUACION	Identificador de la Evaluación
ID_PROYECTO	Identificador del proyecto seleccionado
ORDEN	Número de ordenamiento del proyecto en el resultado de la evaluación
VALORACION	Valoración obtenida por el proyecto
METODO	Método de evaluación utilizado

Tabla No. 68. Campos de la tabla de base de datos RESULTADO_EVALUACION.

Tabla: USUARIO**Descripción:** Tabla que contiene la información de los usuarios del sistema

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_USUARIO	Identificador del usuario
ID_PERFIL	Identificador del Perfil de Usuario
NOMBRE_USUARIO	Nombre de usuario para ingreso al sistema
PASSWORD	Contraseña de ingreso del usuario al sistema
NOMBRE_PERSONA	Nombre de la persona
EMAIL	Dirección de correo electrónico
TELEFONO	Teléfono de la persona
ESTADO	Estado del usuario, activo o inactivo

Tabla No. 69. Campos de la tabla de base de datos USUARIO.

Tabla: FAI**Descripción:** Tabla que contiene los valores de los índices difusos apropiados (FAI – Fuzzy Appropriate Index) obtenidos en las evaluaciones

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EVALUACION	Identificador de la evaluación relacionada

ID_PROYECTO	Identificador del proyecto al que corresponde el valor
PUNTO_BAJO	Punto bajo del número triangular difuso (TFN)
PUNTO_MEDIO	Punto medio del TFN
PUNTO_ALTO	Punto alto del TFN

Tabla No. 70. Campos de la tabla de base de datos FAI.

Tabla: DETALLE_ESCALA_RELATIVA

Descripción: Tabla que contiene la información de los valores pertenecientes a las escalas relativas en el sistema.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_DER	Identificador del valor
ID_ER	Identificador de la escala relativa a la que pertenece el valor
VARIABLE_LINGUISTICA	Variable lingüística correspondiente
PUNTO_BAJO	Punto bajo del número triangular difuso (TFN)
PUNTO_MEDIO	Punto medio del TFN
PUNTO_ALTO	Punto alto del TFN
POSICION	posición del Valor en la escala relativa

Tabla No. 71. Campos de la tabla de base de datos DETALLE_ESCALA_RELATIVA.

Tabla: CRITERIO

Descripción: Tabla que contiene la información de los criterios de evaluación

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_CRITERIO	Identificador del criterio de evaluación
ID_OBJETIVO	Identificador del Objetivo de evaluación relacionado
NOMBRE	Nombre del criterio
DESCRIPCION	Descripción del criterio

Tabla No. 72. Campos de la tabla de base de datos CRITERIO.

Tabla: EVALUADOR

Descripción: Tabla que contiene la información de los evaluadores en el sistema. Los evaluadores son también usuarios pero requieren una información adicional

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EVALUADOR	Identificador del evaluador
ID_USUARIO	Identificador del usuario relacionado al evaluador
TITULO_ACADEMICO	Título académico del evaluador
TIPO	Tipo de evaluador, interno o externo

Tabla No. 73. Campos de la tabla de base de datos EVALUADOR.

Tabla: EVALUADOR_EVALUACION

Descripción: Tabla que mantiene la relación entre una evaluación y los evaluadores asignados a ella

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EVALUACION	Identificador de la evaluación
ID_EVALUADOR	Identificador del evaluador

Tabla No. 74. Campos de la tabla de base de datos EVALUADOR_EVALUACION.

Tabla: VALORACION_PROYECTO_EVALUACION

Descripción: Tabla que contiene las valoraciones ingresadas en una evaluación, para los proyectos por pares, por lo que requiere dos proyectos relacionados por cada instancia.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_VPE	Identificador de la instancia
ID_EVALUACION	Identificador de la evaluación relacionada
ID_PROYECTO	Identificador del proyecto origen
ID_CRITERIO	Identificador del criterio de evaluación
PRO_ID_PROYECTO	Identificador del proyecto destino
ID_EVALUADOR	Identificador del evaluador que realiza la valoración
VALOR_SEMANTICO	Variable lingüística ingresada en la valoración
PUNTO_BAJO	Punto bajo del número triangular difuso (TFN)
PUNTO_MEDIO	Punto medio del TFN
PUNTO_ALTO	Punto alto del TFN

Tabla No. 75. Campos de la tabla de base de datos VALORACION_PROYECTO_EVALUACION.

Tabla: ESCALA_CRITERIO

Descripción: Tabla que contiene los valores requeridos para la evaluación de cada criterio de evaluación.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_EC	Identificador de la instancia del valor de la escala del criterio
ID_CRITERIO	Identificador del criterio al que pertenece la escala
VARIABLE_LINGUISTICA	Variable lingüística correspondiente
PUNTO_BAJO	Punto bajo del número triangular difuso (TFN)
PUNTO_MEDIO	Punto medio del TFN
PUNTO_ALTO	Punto alto del TFN
POSICION	Posición del valor en la escala de valoración respectiva

Tabla No. 76. Campos de la tabla de base de datos ESCALA_CRITERIO.

Tabla: PESO_RELATIVO

Descripción: Tabla que contiene los valores de los pesos relativos ingresados para los criterios por pares

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_PR	Identificador del peso relativo
ID_EVALUADOR	Identificador del evaluador que realizó la valoración
ID_CRITERIO	Identificador del criterio origen
CRI_ID_CRITERIO	Identificador del criterio destino
ID_EVALUACION	Identificador de la evaluación relacionada
VARIABLE_LINGUISTICA	Variable lingüística ingresada en la valoración
PUNTO_BAJO	Punto bajo del número triangular difuso (TFN)
PUNTO_MEDIO	Punto medio del TFN
PUNTO_ALTO	Punto alto del TFN

Tabla No. 77. Campos de la tabla de base de datos PESO_RELATIVO.

Tabla: ASPECTO_OBJETIVO

Descripción: Tabla que contiene las asignaciones de objetivos de evaluación a un aspecto de evaluación.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_ASPECTO	Identificador del aspecto
ID_OBJETIVO	Identificador del objetivo asignado

Tabla No. 78. Campos de la tabla de base de datos ASPECTO_OBJETIVO.

Tabla: OBJETIVO_CRITERIO

Descripción: Tabla que contiene las asignaciones de criterios de evaluación a un objetivo de evaluación.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID_OBJETIVO	Identificador del objetivo
ID_CRITERIO	Identificador del criterio asignado

Tabla No. 79. Campos de la tabla de base de datos OBJETIVO_CRITERIO.

2.3.4. DISEÑO DE INTERFASES.

Primeramente definimos propiedades visuales generales para todas las partes de los documentos HTML.

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Texto	Tipo de letra Arial, tamaño 8, color negro RGB #000000
Fondo	Color blanco RGB #FFFFFF
Bordes	Sin bordes

Tabla No. 80. Propiedades visuales generales de los documentos HTML.

Ahora definimos las propiedades específicas para cada área que será incluida.

Las interfaces en el sistema han sido divididas en las siguientes áreas:

- Encabezado

El encabezado se encontrará en cada documento HTML del sistema en la parte superior. Consta de los siguientes elementos, de izquierda a derecha:

- Una imagen opcional
- El nombre del sistema
- El nombre del usuario que se encuentra actualmente en el sistema y la opción para salir del sistema.

Se han definido las siguientes propiedades visuales para el encabezado

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Fondo del Encabezado	Color verde, código RGB #006633
Altura	75 píxeles
Imagen Opcional	Ancho 109 píxeles, Alto 65 píxeles
Texto	Color de fuente blanco, RGB #FFFFFF
Nombre del Sistema	Texto resaltado en negrilla, tamaño 14, alineación izquierda
Nombre de usuario y opción Salir	Texto resaltado en negrilla, tamaño 8, alineación derecha

Tabla No. 81. Propiedades Visuales del encabezado de los documentos HTML.



Figura No. 61. – Encabezado de los Documentos HTML

- Pie de página

El pie de página se encontrará en todos los documentos HTML en la parte inferior, conteniendo los siguientes elementos:

- Línea horizontal de división
- Mensaje de pie de página
- Imagen Opcional

Se han definido las siguientes propiedades visuales para el pie de página

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Fondo del Pie de Página	Color blanco, código RGB #FFFFFF
Línea Horizontal	Ancho 6 píxeles, color verde RGB #006633
Mensaje de Pie de Página	Texto sin resaltar, color verde RGB #006633, alineación izquierda
Imagen Opcional	Tamaño 152 x 31 píxeles, alineación derecha

Tabla No. 82. Propiedades Visuales del pie de página de los documentos HTML.



Figura No. 62. – Pie de Página de los documentos HTML

- Menú Principal

El menú principal estará conformado por pestañas horizontales que se encontrarán inmediatamente abajo del encabezado.

Se debe diferenciar la pestaña en la que se encuentra navegando actualmente el usuario del resto.

Se han definido las siguientes propiedades visuales para el menú principal

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Pestaña	Color gris, código RGB #999999, bordes blancos RGB #FFFFFF
Texto de Pestaña	Texto resaltado en negrilla, color blanco RGB #FFFFFF
Pestaña Actual	Color gris claro, RGB #DDDDDD
Texto de Pestaña Actual	Texto resaltado en negrilla, color gris oscuro RGB #555555
Enlaces	Los enlaces mantendrán las mismas propiedades de los textos definidas, además cambiarán a color rojo cuando el usuario posicione el cursor sobre ellos, para la pestaña actual y las no seleccionadas.

Tabla No. 83. Propiedades Visuales del menú principal de los documentos HTML.



Figura No. 63. – Menú Principal de los documentos HTML

- Menú Secundario

El menú secundario se encuentra debajo de la ruta de navegación y a la izquierda del área de contenidos.

Contiene un marco con un encabezado, éste a su vez conteniendo enlaces con las opciones del menú.

Se han definido las siguientes propiedades visuales para el menú secundario

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Menú Secundario	Alineación izquierda, ancho 160 píxeles, tamaño de texto 7.5
Enlaces de opciones	Texto sin resaltar, color verde RGB #006633
Marco	Color gris claro, RGB #DDDDDD, borde gris oscuro RGB #666666
Encabezado	Texto resaltado con negrilla, color gris oscuro RGB #555555

Tabla No. 84. Propiedades Visuales del menú secundario de los documentos HTML.

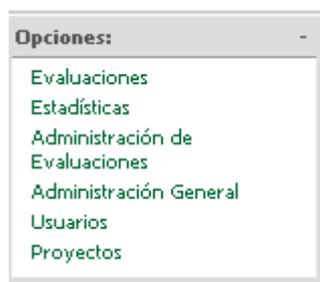


Figura No. 64. – Menú Secundario en los documentos HTML

- Contenidos

El área de contenidos es el área principal de los documentos HTML.

Esta área variará de acuerdo a qué tipo de contenidos despliegue, sin embargo, definimos las propiedades visuales de los controles que se pueden incluir en esta área, sin considerar su disposición.

El único elemento requerido para el área de contenidos es el título.

Además del título esta área puede contener tablas de formularios, tablas de resultados de búsqueda y reportes, mensajes.

Se han definido las siguientes propiedades visuales para los contenidos.

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Título	Texto resaltado en negrilla, alineación izquierda, tamaño de texto 13, color gris RGB #777

Tabla No. 85. Propiedades Visuales del título de los documentos HTML.

Opciones Disponibles

Figura No. 65. – Título de los documentos HTML

Definimos las propiedades visuales de las tablas de formularios

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Barra Superior	Color verde RGB #006633
Texto de Barra Superior	Texto resaltado en negrilla, color blanco, tamaño de fuente 10
Columna de nombres	Color gris RGB #DDDDDD
Texto de Nombres	Texto resaltado en negrillas, color negro, tamaño de fuente 8, alineación derecha
Columna de Campos	Color blanco
Texto de Campos	Texto sin resaltar, tamaño de fuente 8, alineación izquierda
Barra Inferior	Color gris RGB #DDDDDD
Botones en Barra Inferior	Alineación centrada

Tabla No. 86. Propiedades Visuales del encabezado de los documentos HTML.

Figura No. 66. – Tablas de Formularios en los documentos HTML

Definimos las propiedades visuales de las tablas de resultados de búsqueda y reportes.

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Barra Superior	Color verde RGB #006633
Fila de Cabecera	Color gris oscuro RGB #BBBBBB
Texto de Cabecera	Texto resaltado en negrilla, color negro, tamaño de fuente 9
Fila Impar	Color gris medio RGB #DDDDDD
Fila Par	Color gris claro RGB #EFEFEF
Texto de Fila	Texto sin resaltar, tamaño de fuente 8
Enlaces en fila	Color azul, rosa para enlace visitado
Barra Inferior	Color gris RGB #DDDDDD
Enlaces en barra inferior	Color negro, texto sin resaltar, subrayado, tamaño de fuente 8

Tabla No. 87. Propiedades Visuales de las tablas de resultados de búsqueda y reportes de los documentos HTML.

Seleccione un Evaluador			
Nombre	Descripcion	Tipo de Evaluador	Opciones
Evaluador 1	Este es el Evaluador 1	Interno	Modificar
Evaluador 2	Este es el Evaluador 2	Externo	Modificar
Crear un nuevo evaluador			

Figura No. 67. – Tablas de Resultados de Búsqueda y Reportes en los documentos HTML

Propiedades visuales de los mensajes

ELEMENTO	PROPIEDADES VISUALES
Marco	El marco cubrirá los lados superior e izquierdo, borde superior 5 píxeles, borde inferior 1 píxel, el color dependerá del tipo de mensaje, verde RGB #009900 para mensaje de éxito, naranja RGB #CC6600 para mensajes de alerta, rojo RGB #CC0000 para mensajes de error
Texto de mensaje	Texto sin resaltar, tamaño de fuente 8

Tabla No. 88. Propiedades Visuales de los mensajes de los documentos HTML.

La evaluación fue creada exitosamente.
Ahora puede realizar las acciones que se muestran a continuación

Figura No. 68. – Mensajes en los documentos HTML

2.4. CONSTRUCCIÓN.

2.4.1. SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS.

Se describe las posibles herramientas que podrían utilizarse en el desarrollo del sistema HEPIC, entre estas se tiene el lenguaje de programación para el front-end y la base de datos para el back-end. Se describirán las herramientas tanto a nivel de Back - End como de Front – End, entre las más conocidas y utilizadas en anteriores proyectos.

2.4.1.1. Herramientas Back-End.

Las herramientas de Back End son aquellas herramientas a nivel de Base de Datos, muy utilizadas actualmente ya que facilitan mantener la información concisa, completa y correcta de una empresa, negocio, etc, cada una de ellas posee sus propias características que la hacen peor o mejor de la otra, pero son muy utilizadas dependiendo de los criterios de los usuarios como son costos,

licencias, seguridad, cliente/servidor, entre otros aspectos muy importantes a tomar en cuenta al momento de seleccionar con cual de ellas trabajar.

Existen en el mercado una gran cantidad de herramientas para administrar datos denominadas Sistemas de Gestión de Base de Datos (SGBD) o *DataBase Management System* (DBMS).

Se emplea un *Sistema de Gestión de Base de Datos Relacionaí* (SGBDR), debido a la gran demanda y facilidad de uso.

Así se tiene el Modelo Entidad — Relación, el cual trata de una técnica de diseño de base de datos, que muestra información relativa a los datos y la relación existente entre ellos.

Algunas de la amplia gama de herramientas que existen de este tipo, las más empleadas y populares hoy en día en el mercado por sus grandes características y facilidades para soportar gran cantidad de datos en entornos empresariales y a nivel de Usuario, seguridades, aplicaciones para facilitar su administración (respaldos, transacciones, seguridades) y uso, se tiene las siguientes:

SQL Server: Proporciona agilidad en sus operaciones de análisis y administración de datos al permitir a su organización adaptarse rápida y fácilmente para obtener ventaja competitiva en un entorno de cambios constantes. Así se tiene que el rendimiento, escalabilidad y confiabilidad son esenciales, además existe abundantes fuentes de ayuda tanto en internet como en libros.

2.4.1.1.1. SQL Server 2000 y 2005.

Una gran herramienta desarrollada por Microsoft, es un paquete completo de base de datos y análisis de datos que abre las puertas para un rápido desarrollo de una nueva generación de aplicaciones comerciales de nivel empresarial. Es un producto de base de datos totalmente habilitado para Web proporciona compatibilidad fundamental con el Lenguaje de marcado extensible (XML, *Extensible Markup Language*) y la capacidad para realizar consultas en Internet.

2.4.1.1.2. Oracle.

Es una potente herramienta cliente/servidor para la gestión de Bases de Datos, muy apreciada por el nivel de seguridad con el que cuenta para el acceso de los usuarios a los datos. El utilizar Oracle involucra tener conocimientos de PL/SQL, un lenguaje de 5ta generación, bastante potente para tratar y gestionar la base de datos.

Este producto vendido a nivel mundial, la gran potencia que tiene y su elevado precio hacen que sólo se vea en empresas muy grandes y multinacionales, por norma general. En el desarrollo de páginas WEB pasa lo mismo: como es un sistema muy caro no está tan extendido como otras bases de datos.

2.4.1.1.3. *MySQL*.

Es una herramienta de libre distribución o se la puede conseguir por bajos costos, actualmente muy poderosa y utilizada para el desarrollo de aplicaciones web utilizado en el desarrollo de portales web, e-commerce , e-bussines, páginas web dinámicas, viene en algunos ambientes de desarrollo web (servidor web apache, lenguaje de programación PHP y base de datos MYSQL) tales como wampp, xampp, lampp, estos ambientes de desarrollo son muy fáciles de instalar y de configurar para poder trabajar en el desarrollo de aplicaciones.

Cuenta con herramientas para administración del motor de base de datos y gran cantidad de bibliografía como documentos de consulta distribuidos en internet

El desarrollo de MySql y la forma en la que los miles de usuarios aportan con la solución pronta a problemas existentes en el motor de base de datos, la hacen ver como una seria competidora ante las bases de datos propietarias, poco a poco sus funcionalidades envidian en casi nada a estas últimas.

A continuación se muestra el cuadro comparativo de las bases de datos relacionales más usadas:

MOTORES DE BASE DE DATOS RELACIONALES		
SQL SERVER	ORACLE	MYSQL
Proporciona agilidad en las operaciones de análisis y administración de datos.	Es una herramienta cliente/servidor para la gestión de Bases de Datos.	MySQL es un servidor multi-hilos de bases de datos de código abierto, confiable, rápido, compacto, poderoso y multiplataforma

		se puede hacer las bases de datos a código abierto.
Compatible con XML en versión 2000 y 2005.	Es un producto vendido a nivel mundial, con un elevado precio es empleado en empresas muy grandes y multinacionales, por norma general.	Escrito en C y en C++. Probada con un amplio rango de compiladores diferentes y funciona en diferentes plataformas.
Única base de datos cuyo rendimiento sobre Internet está publicado ofreciendo registros espectaculares.	Al ser un sistema caro, en el desarrollo de páginas WEB no está tan extendido como otras bases de datos, por ejemplo, Access, MySQL, SQL Server, etc.	El servidor está disponible como un programa separado para usar en un entorno de red cliente/servidor. También está disponible como biblioteca y puede ser incrustado (linkado) en aplicaciones autónomas. Dichas aplicaciones pueden usarse por sí mismas o en entornos donde no hay red disponible.
Facilidad de Instalación y Distribución.	Compatibilidad con XML en versiones posteriores a 8i.	Un sistema de privilegios y contraseñas que es muy flexible y seguro, y que permite verificación basada en el host. Las contraseñas son seguras porque todo el tráfico de contraseñas está encriptado cuando se conecta con un servidor.
Cada aplicación desarrollada en entornos de red local puede ser utilizada de forma transparente, desde entornos Internet, Intranet o Extranet.	Hace uso de los recursos del sistema informático en todas las arquitecturas de hardware, garantizando su aprovechamiento al máximo en ambientes cargados de información.	Soporte a grandes bases de datos. Se ha probado MySQL Server con bases de datos que contienen 50 millones de registros. También se conoce a usuarios que usan MySQL Server con 60.000 tablas y cerca de 5.000.000.000.000 de registros.
Costos reducidos.		Se permiten hasta 64 índices por tabla (32 antes de MySQL 4.1.2). Cada índice puede consistir desde 1 hasta 16 columnas o partes de columnas. El máximo ancho de límite son 1000 bytes (500 antes de MySQL 4.1.2). Un índice puede usar prefijos de una columna para los tipos de columna CHAR, VARCHAR, BLOB, o TEXT.
Administración multi-servidor, y con una sola consola; ejecución y alerta de trabajos basados en eventos.		Los clientes pueden conectar con el servidor MySQL usando sockets TCP/IP en cualquier plataforma. En sistemas Windows de la familia NT (NT, 2000, XP, o 2003), los clientes pueden usar named pipes para la conexión. En sistemas Unix,

		los clientes pueden conectar usando ficheros socket Unix.
		La interfaz para el conector J MySQL proporciona soporte para clientes Java que usen conexiones JDBC. Estos clientes pueden ejecutarse en Windows o Unix. El código fuente para el conector J está disponible.
		Según las pruebas realizadas, el motor de base de datos Mysql es mucho más rápido que Oracle en el procesamiento de transacciones, esta es otra característica válida que en ambientes críticos de producción toma gran importancia el tiempo de respuesta de la base de datos en lo que satisfacción del cliente se refiere y en ambientes grandes de información como datawarehouse para la toma de decisiones.
		MySQL se licencia bajo los términos de la Licencia Pública General GNU. Es gratis para uso interno y para los ISPs. Por ejemplo es gratis si se la usa para desarrollo de software o para las compañías que lo usan como servidor de base de datos, y también es gratis si desarrolla una aplicación a medida para un cliente.

Tabla No. 89. Comparación de motores de bases de datos.

2.4.1.2. Herramientas Front-End.

Las herramientas de Front End son aquellas herramientas que se emplean para el desarrollo de las aplicaciones a nivel de usuario. Para ello se usan los lenguajes de programación, en estas se diseñan los procesos del negocio, o a través de frameworks como spring para java, etc.

Existen numerosos lenguajes de programación que permiten realizar aplicaciones locales para arquitecturas monousuario o tipo WEB para arquitecturas en n capas.

Debido a la tendencia actual en el mercado y a las grandes facilidades y características que prestan las aplicaciones WEB, nuestro caso de estudio será desarrollado en entorno.

De entre los diversos lenguajes de programación que existen hoy en día en el mercado, y por ser los más empleados y populares por sus grandes características y facilidades que prestan a los desarrolladores, así como también el producto de estas herramientas que permiten obtener aplicaciones amigables al entorno del usuario en su trabajo y por la experiencia obtenida en el uso de estos lenguajes de describe a continuación:

2.4.1.2.1. Microsoft Visual Studio 6.0.

Es una herramienta completa que permite crear aplicaciones en entornos locales y WEB. No incluye soporte XML para el desarrollo de aplicaciones, así como tampoco para implementación de aplicaciones para dispositivos móviles.

Emplea la arquitectura DNA, para aplicaciones en 3 capas basada en componentes cuyas principales características son: desarrollo de aplicaciones multiplataforma, componentes reusables, escalabilidad, tolerancia a fallos, soporte para estándares, además de emplear el modelo de objetos por componentes (COM). La gran desventaja es el problema de registro y eliminación del registro de las dll.

2.4.1.2.2. Microsoft Visual Studio .NET.

Es una completa herramienta para crear aplicaciones de próxima generación para Microsoft Windows y el Web. Gracias a la rapidez de diseño, a la programación e implementación de servicios Web XML, a las soluciones de alto rendimiento controladas por datos y a los diseñadores visuales de servidor, Visual Studio .NET ofrece una funcionalidad superior para optimizar procesos empresariales, abriendo así las puertas a nuevas oportunidades para las empresas. ASP .NET es un ambiente de programación construido sobre el entorno NGWS que permite crear poderosas aplicaciones de Internet.

Ofrece varias ventajas importantes para Internet: Mejor Eficiencia, Poder y Flexibilidad, Simplicidad, Gerenciabilidad, Escalabilidad y Disponibilidad, Personalización y Extensibilidad, y Seguridad.

2.4.1.2.3. Java Version 5.

Java es a la vez un entorno de ejecución y un lenguaje de programación orientado a objetos, permite la reutilización de código, se puede desarrollar fácilmente aplicaciones web dinámicas con conexión a base datos y manipular archivos xml.

Es de código abierto, multiplataforma, permite desarrollar aplicaciones escalables gracias a su gran variedad de componentes gráficos que permiten diseñar interfaces amigables.

Dada su característica multiplataforma las aplicaciones basadas en Java pueden ser ejecutadas sobre varios sistemas o plataformas como Windows, Linux, Unix, Solaris, sin realizar ningún cambio y con suma facilidad en la instalación y configuración.

Java a partir de la versión 5 incluye mejoras significativas en el lenguaje de programación, como aseguramiento de tipos datos, tipos de datos genéricos, la posibilidad de usar anotaciones en programación orientada a aspectos que simplifican en gran forma las líneas de código requeridas para realizar acciones similares en comparación a las anteriores versiones. Sin embargo se debe anotar que estas características no son compatibles con las versiones anteriores.

Java cuenta con un gran soporte de la comunidad a nivel mundial, y existen varias opciones de frameworks y librerías para la construcción de aplicaciones empresariales, muchas de ellas son de código abierto, software libre, o requieren licencias de uso que no implican costo alguno.

A continuación se presenta un cuadro comparativo del tipo de tecnologías y tipos de herramientas de programación más empleadas:

TIPOS DE HERRAMIENTAS		
MICROSOFT VISUAL STUDIO .NET	JAVA	VISUAL BASIC
• Completo KIT de	Es de Libre distribución.	Orientado mas para

herramientas para el desarrollo basado en componentes.		aplicaciones estáticas para Windows, con poco soporte para aplicaciones web.
• Alta productividad en el ciclo de vida.	Multiplataforma, Permite reutilización de código, herencia de objetos.	Conectividad con base de datos, genera archivos exe como ejecutables en ambientes Windows y para actualizar la aplicación causa molestias a los usuarios por que todos deben estar fuera de la aplicación.
• Herramientas de Base de Datos empresariales.	Permite el uso de aplicaciones web bajo varios frameworks entre ellos j2ee, spring, etc.	Costos por licencias reducidos.
• Amplio soporte para grupos. Diseñado para un único ambiente de ejecución Windows	Simple, orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, seguro, de arquitectura neutra, portable, de altas prestaciones, multitarea y dinámico	
• Herramienta que permite crear aplicaciones en entornos locales y web.	Incluye soporte XML para el desarrollo de aplicaciones, así como también para implementación de aplicaciones para dispositivos móviles.	
Incluye soporte XML para el desarrollo de aplicaciones, así como también para implementación de aplicaciones para dispositivos móviles.		

Tabla No. 90. Comparación de Herramientas de Front-End.

2.4.1.3. Frameworks para la Aplicación.

Se ha determinado que la aplicación a ser desarrollada cumpla con el patrón de diseño MVC por lo que es requerido utilizar frameworks para la aplicación que cumplan con este patrón.

Los frameworks son conjuntos de librerías utilizados en una aplicación para resolver cierto problema, sin embargo difieren de la definición tradicional de librerías.

Las librerías son clases que contienen métodos que se pueden invocar en la aplicación, mientras que un framework provee componentes cooperativos genéricos de los cuales extienden los elementos de la aplicación. De esta forma la

aplicación obtiene un conjunto de métodos útiles en los cuales basarse para resolver el problema planteado.

El patrón de diseño MVC permite construir una aplicación dividiéndola en tres componentes principales, el modelo, la vista y el controlador. Se separan las responsabilidades claramente para cada parte:

- El modelo es responsable de la lógica del negocio.
- La vista es responsable por la presentación
- El controlador es responsable por el control de flujo y manejo de las entradas del usuario

Esta separación de responsabilidades por componente presenta varias ventajas como las siguientes:

- Permite que cada componente pueda ser desarrollado por separado, acelerando el desarrollo de la aplicación.
- Organiza el código de la aplicación de una forma eficiente, mejora la mantenibilidad y la extensibilidad de la aplicación.
- Facilita la notificación de eventos entre el modelo y la presentación por medio del controlador.

Se han determinado varias opciones de frameworks de aplicación para la consecución del patrón de diseño MVC, son las siguientes:

2.4.1.3.1. Spring.

Surgió como un herramienta para facilitar el uso de J2EE en el desarrollo y diseño de aplicaciones. Cuenta con las siguientes características:

- Spring es una tecnología principalmente orientada al diseño de aplicaciones POJO "*Plain Old Java Object*". El término POJO se utiliza en entornos de programación para enfatizar en el uso de clases simples y que no dependen de un "framework" en especial, dicho acrónimo surge como reacción al modelo planteado por los estándares EJB que utilizan interfaces especiales.

- La arquitectura de Spring utiliza el contenedor de Inversión de Control como piedra angular, basado en el uso de las propiedades de los objetos JavaBean. “Don’t Call me, I’ll call you” (No me llames, yo te llamaré)
- Uso del concepto de Inyección de Dependencias creado para facilitar el manejo, mantenimiento y actualización de aplicaciones Java.
- Ambos conceptos hacen de Spring una herramienta perfecta para desarrolladores ya que reducen la complejidad en la comprensión de la estructura de una aplicación.
- Se puede usar en cualquier entorno de trabajo. Adoptar la filosofía POJO permite a Spring beneficiarse de las características específicas del entorno sin sacrificar la portabilidad. La aplicación mantiene independencia del framework.
- Aunque se centra en el nivel de arquitectura de negocio (manejo de EJB’s) es válido también para el resto de niveles de una aplicación MVC.
- Reduce la complejidad de la programación de aplicaciones a básicamente implementación de interfaces.
- Provee clases específicas para pruebas.
- Actualmente existen versiones de Spring para los principales entornos de ejecución de aplicaciones empresariales como son Java y Microsoft .NET.

2.4.1.3.2. J2EE.

J2EE es una especificación creada por Sun Microsystems para el desarrollo de aplicaciones empresariales de gran envergadura utilizando el lenguaje Java.³⁰

Cuenta con las siguientes características:

- Aplica una serie de capas (de datos, Facade, Negocio, etc).
- Para la lógica del negocio utiliza Enterprise JavaBeans (EJB) tales como:
 - Session beans
 - Entity beans

³⁰ J2EE no es un framework en sí, sino una especificación que puede tener muchas implementaciones, que serían los frameworks, aunque comúnmente para aplicaciones web se utiliza la propia implementación de Sun Microsystems.

- Message-driven beans
- Lenguaje de consultas propio para Enterprise JavaBeans EJB-QL.
- J2EE especifica un controlador basado en Servlets que delega las acciones a los manejadores de peticiones.
- J2EE puede cumplir con el patrón de diseño MVC, aunque no es específicamente diseñado para tal efecto.³¹

Fue creado con el fin de reducir costos y realizar un desarrollo rápido de aplicaciones provee un componente para el diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue de aplicaciones empresariales.

La plataforma J2EE ofrece un modelo de aplicación distribuido por múltiples capas, componentes reusables, un modelo de seguridad unificado, control de transacciones flexible, y soporte de web services a través de intercambio de datos integrado con XML basado en protocolos y estándares abiertos

2.4.1.3.3. *Struts.*

Struts es un framework diseñado específicamente para el desarrollo de aplicaciones con el patrón de diseño MVC, fue creado por Craig R. McClanahan y donado a la Fundación de Software Apache (Apache Software Foundation) en el año 2000. Originalmente formaba parte del conjunto de herramientas Jakarta aunque actualmente ha pasado a ser un proyecto principal de la Fundación Apache

Struts abarca el componente del controlador, puede delegar la vista aunque incluye soporte específico para JSP's y delega la parte del modelo del negocio, pudiendo integrarse con otras tecnologías como Spring, J2EE, Velocity, HTML, WML, XML.

Struts presenta las siguientes características:

³¹ J2EE es suficientemente flexible para permitir el desarrollo de aplicaciones utilizando varios patrones de diseño en n capas, aunque es posible la construcción de un patrón de diseño MVC, requeriría muchas líneas de código extra para tal objetivo, frente a la utilización de un framework específico para MVC. Muchos frameworks MVC se basan en las buenas prácticas de J2EE para el desarrollo de aplicaciones MVC y convenientemente simplifican el código de la aplicación.

- Especifica un controlador basado en acciones que facilita el control de flujo, cada acción tiene su correspondiente manejador de peticiones.
- Utiliza un patrón de comandos, en el que cada acción se corresponde con un comando.
- Utiliza configuración declarativa basada en archivos XML
- La navegación se define por secuencias de las acciones en forma declarativa. Permite localizar la navegación en un único sitio y mejora la mantenibilidad de este aspecto.
- Tiene soporte para internacionalización y localización.
- Soporta manejo de errores y excepciones.
- Soporta validación de formularios y presentación de mensajes, separando esta funcionalidad de la vista o presentación.
- Soporta configuración adicional e integración mediante el uso de plug-ins.

2.4.1.4. Justificación.

Visto las posibles herramientas a emplearse para el desarrollo de la aplicación, seleccionaremos las herramientas a nivel de Back End y Front End.

2.4.1.4.1. Back End .

Se empleará la herramienta **MYSQL** debido a las grandes facilidades y características que presenta. Entre las más importantes tenemos:

- Libre distribución.
- Demanda pocos recursos dependiendo de la carga de datos a manejar
- Buen rendimiento
- Confiable, Potente y Escalable: Es la única base de datos cuyo rendimiento sobre Internet está publicado, ofreciendo registros espectaculares.
- Facilidad de Instalación y Distribución
- Seguridad integrada.

- Mejoras de la Arquitectura: disponibilidad, fiabilidad y tolerancia a fallos.
- Soporte de datos mediante XML.
- Es la primera base de datos en escalar desde la computadora portátil hasta la empresa utilizando la misma base de código y ofrecer el 100% de compatibilidad de código.
- Cada aplicación que se desarrolle para ser empleada en entornos de red local puede ser utilizada de forma transparente, en parte o en su totalidad, desde entornos Internet, Intranet o Extranet.

2.4.1.4.2. *Front End* .

Se empleará la herramienta de programación Java con el IDE de desarrollo Eclipse, que facilita la utilización de Apache Ant para la compilación y despliegue de la aplicación en el servidor y de XDoclet que se utilizará para generación de código; como framework de la aplicación se empleará Spring para el modelo del negocio y Struts para el controlador, para la vista se utilizará JSP's empleando las librerías de Struts, para los estilos visuales se utilizará el proyecto de estilos visuales perteneciente a las herramientas de ingeniería de software de código abierto Tigris³², que está basado en hojas de estilo CSS, y además se cuenta con un grupo de clases agrupadas en una librería denominada FUZZY JESS, estas clases permiten desarrollar operaciones de lógica difusa tales como operaciones con números difusos triangulares o trapezoidales (adición, multiplicación, normalización, etc.), y operaciones de conjuntos difusos (unión, intersección, etc.).

2.4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

2.4.2.1. Normativas de Implementación.

Limpieza

El código fuente de la aplicación será limpio, es decir, será fácil de leer y comprender por un experto informático, además se cuidará que la extensión de

³² Tigris es una comunidad que agrupa herramientas open source para el desarrollo de software colaborativo. Uno de los proyectos de la comunidad es el proyecto de estilos visuales para aplicaciones web basados en CSS, disponible en la dirección <http://style.tigris.org/>

cada archivo de código fuente no sea excesiva, así como la extensión de cada método implementado.

Consistencia

El código fuente será consistente e intuitivo, será fácil de esta manera intuir de qué forma el código fuente obedece a las reglas del modelo del negocio

Extensibilidad

Para el desarrollo de la presente herramienta se determinó la utilización de un patrón de diseño MVC (Modelo – Vista - Controlador), que permite la separación del código fuente en dichos componentes en una forma muy eficiente de organización. De esta forma se facilitará el mantenimiento del código fuente así como la extensión de nuevas características para el sistema en caso de ser requerido.

2.4.2.2. Estándares de Programación.

Para la aplicación en cuestión se ha determinado la existencia de los siguientes tipos de código fuente:

- Código fuente de Java
- Archivos XML
- Código JSP y HTML
- Código SQL

Determinamos entonces los estándares a utilizar para los mismos.

Código fuente de Java

La comunidad de desarrollo Java ha establecido mundialmente una serie de estándares no oficiales, sino más bien aceptados por convención; para el desarrollo de aplicaciones en el lenguaje Java.

Para el desarrollo de la aplicación actual se utilizarán dichos estándares como se describe a continuación:

- Clases. - Los nombres de las clases serán lo más descriptivo posible, empezarán siempre por una letra en mayúscula, utilizando únicamente letras y números en caso de considerarse necesario. Si el nombre de la clase consta de varias palabras la letra inicial de cada palabra será mayúscula y el resto de letras minúsculas. Cada clase llevará su propia documentación al inicio de la clase que contendrá lo siguiente:
 - Nombre de la clase
 - Descripción
 - Autor
 - Versión
- Métodos. - Los nombres de los métodos igualmente deben ser descriptivos respecto a la acción de la que se encargan, empezarán con una letra minúscula, utilizando letras y números en caso de considerarse necesario, así mismo si el nombre del método consta de varias palabras la letra inicial de cada palabra será mayúscula y el resto de letras minúsculas.

Cada método creado tendrá su documentación en la cabecera del método, conteniendo lo siguiente:

- Descripción del método
 - Descripción de los parámetros que recibe
 - Descripción del valor de retorno
 - Descripción del manejo de excepciones, en caso de que se realice en el método.
- Variables y Parámetros. - Los nombres de las variables y parámetros empezarán por una letra minúscula, y constarán únicamente de letras y números, el nombre no incluirá el tipo de dato al que pertenece la variable. Si el nombre consta de varias palabras, la letra inicial de cada palabra será mayúscula y el resto minúsculas.

Archivos XML

Los archivos XML deben ser íntegros respecto a las reglas de interpretación del metalenguaje XML, los nombres definidos en los archivos seguirán las reglas definidas anteriormente para el caso de las variables y parámetros en el lenguaje Java.

Código JSP y HTML

Se perseguirá como objetivo que el código JSP sea bastante claro y conciso. Se dividirá el código JSP por áreas para facilitar su edición y lectura. Las áreas definidas se extraen del diseño de interfases realizado anteriormente y son las siguientes:

- Encabezado
- Pie de página
- Menú Principal
- Menú Secundario
- Contenidos

El código JSP no contendrá código alguno que responda a la lógica del negocio. Únicamente se utilizará la lógica para los componentes visuales definida en los objetos Tag Library del framework Struts y JSTL, que es un lenguaje de etiquetas similar al HTML, de esta forma se garantiza la claridad en el código.

El código HTML que se despliega en el navegador web cumplirá con el estándar XHTML Compliant definido por el instituto W3C Consortium para la versión XHTML 1.0. De esta forma se garantiza que los documentos HTML sean bien formados, claros, concisos, eficientes y compatibles con la mayoría de navegadores web actuales.

Todo el código las propiedades visuales de los documentos HTML se mantendrá separado de los documentos en archivos de hojas de estilo en cascada (Cascade Style Sheet - CSS), esto garantiza una mejor organización y mayor claridad en el código.

Código SQL

Para el código SQL se ha definido que los nombres, tanto de las tablas como de sus columnas constarán únicamente de letras mayúsculas y el símbolo subguión (underscore (_)).

El subguión se utilizará para separar varias palabras en los nombres.

La clave primaria, en caso de ser un único atributo identificador se definirá como ID_<NOMBRE_DE_LA_TABLA> o ID_<INICIALES_DE_LA_TABLA>

2.4.2.3. Diagramas de Componentes.

2.4.2.3.1. Diagrama de Paquetes.

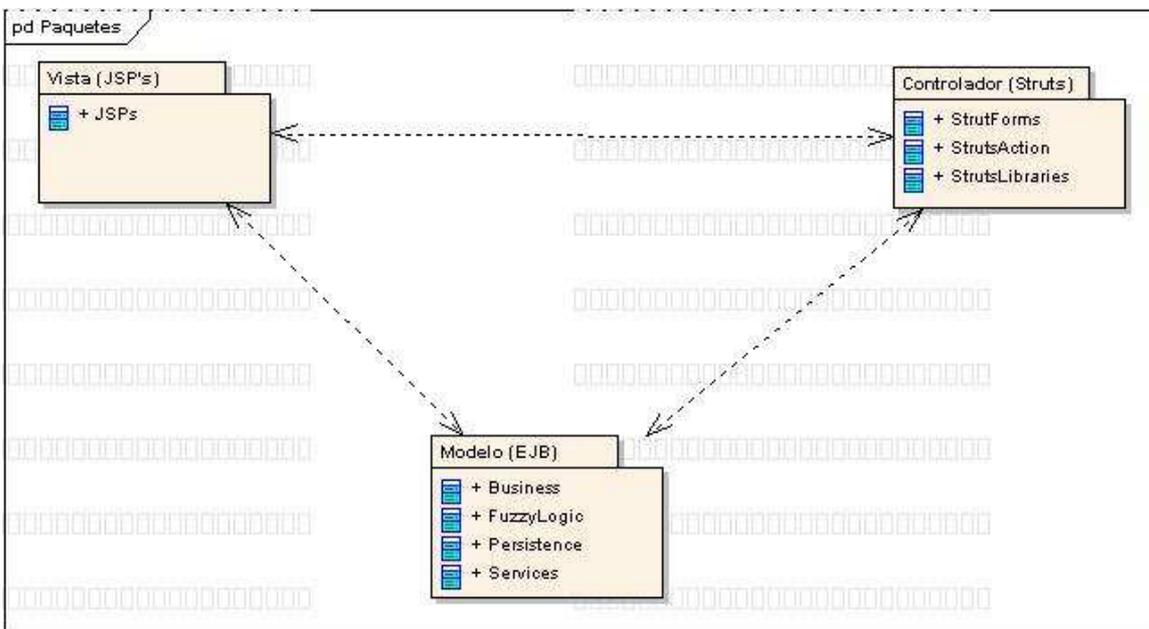


Figura No. 69. – Diagrama de Paquetes

2.4.2.3.2. Diagrama de Componentes.

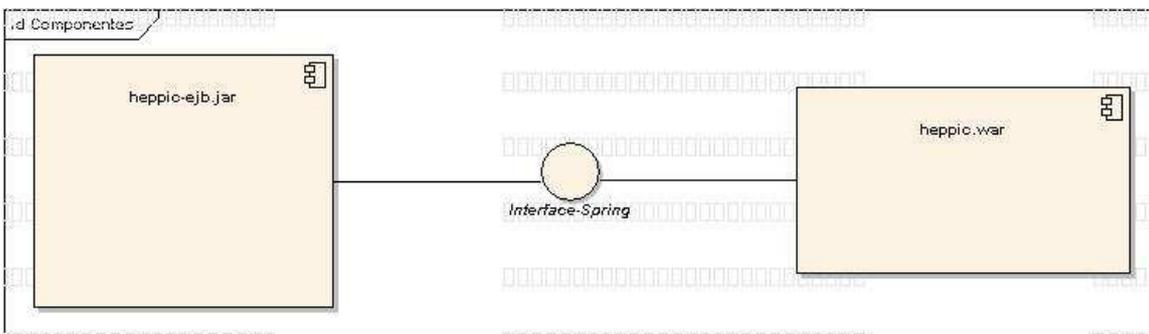


Figura No. 70. – Diagrama de Componentes

2.4.2.3.3. Diagrama de Despliegue.

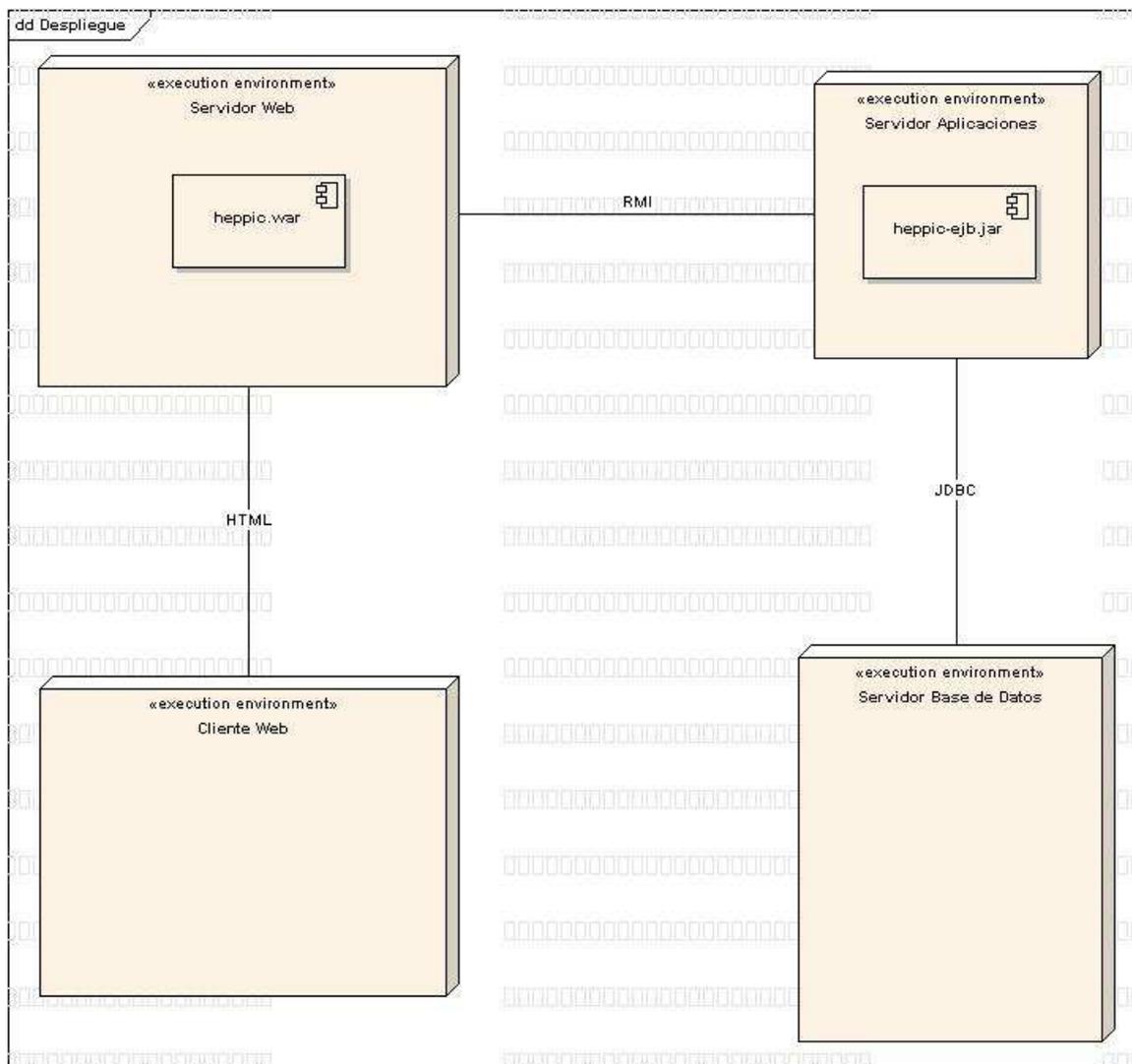


Figura No. 71. – Diagrama de Despliegue

2.5. PRUEBAS.

2.5.1. PRUEBAS DE UNIDAD.

2.5.1.1. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Evaluadores.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Evaluadores.
FECHA	14 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de Evaluadores
SALIDAS	Información de Evaluadores persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de los evaluadores se registra correctamente
ACCIONES TOMADAS	

OBSERVACIONES	
---------------	--

Tabla No. 91. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Evaluadores.

2.5.1.2. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Criterios de Evaluación.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Criterios de Evaluación
FECHA	14 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de Criterio de Evaluación
SALIDAS	Información de Criterio de Evaluación persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de creación y modificación de los criterios de evaluación se registra correctamente, a excepción del caso de la modificación de los valores de la escala de evaluación del criterio, se presentó un error al invocar los métodos para subir y bajar un valor en la escala cuando éste es el primero o último valor de la escala, porque se desborda el arreglo.
ACCIONES TOMADAS	Modificación de los métodos para subir y bajar los valores de la escala de evaluación de un criterio
OBSERVACIONES	

Tabla No. 92. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Criterios de Evaluación.

2.5.1.3. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Objetivos de Evaluación.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Objetivos de Evaluación
FECHA	15 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de Objetivo de Evaluación
SALIDAS	Información de Objetivo de Evaluación persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de creación y modificación de los criterios de evaluación se registra correctamente, sin embargo se produce una excepción de clave primaria si se selecciona para asignar un criterio que ya ha sido asignado previamente al objetivo, por lo que se considera necesario excluir criterios ya asignados en la búsqueda
ACCIONES TOMADAS	Creación de métodos de búsqueda de criterios excluyendo criterios ya asignados.
OBSERVACIONES	

Tabla No. 93. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Objetivos de Evaluación.

2.5.1.4. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Aspectos de Evaluación.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración General. Administración de

	Aspectos de Evaluación
FECHA	17 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de Aspecto de Evaluación
SALIDAS	Información de Aspecto de Evaluación persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de creación y modificación de los aspectos de evaluación se registra correctamente.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	La asignación de objetivos de evaluación en este caso es análoga al caso de prueba anterior por lo que se corrigió el posible fallo de antemano.

Tabla No. 94. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Aspectos de Evaluación.

2.5.1.5. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Escalas Relativas de Evaluación.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración General. Administración de Escalas Relativas de Evaluación
FECHA	17 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de Escala Relativa de Evaluación
SALIDAS	Información de Escala Relativa de Evaluación persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de creación y modificación de las escalas relativas de evaluación se registra correctamente.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 95. Caso de Prueba: Administración General. Administración de Escalas Relativas de Evaluación.

2.5.1.6. Caso de Prueba: Administración de Evaluaciones.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración de Evaluaciones
FECHA	18 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de una Evaluación
SALIDAS	Información de una Evaluación persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de creación y modificación de la evaluación se registra correctamente. La asignación, remoción de aspectos, evaluadores, escalas, proyectos se realiza correctamente.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 96. Caso de Prueba: Administración de Evaluaciones.

2.5.1.7. Caso de Prueba: Administración de Proyectos.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración de Proyectos
FECHA	19 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora

ENTRADAS	Información de un proyecto
SALIDAS	Información de un proyecto persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de creación y modificación de los proyectos se registra correctamente.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 97. Caso de Prueba: Administración de Proyectos.

2.5.1.8. Caso de Prueba: Administración de Usuarios.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Administración de Usuarios
FECHA	20 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de un Usuario
SALIDAS	Información de un usuario persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de creación y modificación de los usuarios se realiza correctamente.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 98. Caso de Prueba: Administración de Usuarios.

2.5.1.9. Caso de Prueba: Consulta de Evaluaciones.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Consulta de Evaluaciones
FECHA	21 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Identificador de la evaluación
SALIDAS	Detalle de la evaluación con aspectos, objetivos, criterios, proyectos y escalas asignadas
RESULTADOS	El detalle de la evaluación se obtiene correctamente.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 99. Caso de Prueba: Consulta de Evaluaciones.

2.5.1.10. Caso de Prueba: Ingreso de Valoraciones.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Ingreso de Valoraciones
FECHA	23 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Información de Valoraciones relativas entre criterios, relativas entre proyectos y por proyecto
SALIDAS	Información de valoraciones por evaluador persistente en la base de datos
RESULTADOS	La información de las valoraciones se registra correctamente
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 100. Caso de Prueba: Ingreso de Valoraciones.

2.5.1.11. Caso de Prueba: Ejecución de Evaluación.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Ejecución de Evaluación
FECHA	25 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Valoraciones ingresadas para una evaluación
SALIDAS	Resultado de evaluación persistente en la base de datos
RESULTADOS	El resultado de la evaluación se registra correctamente. Se verificó los métodos de programación matemática utilizados y su correcto funcionamiento.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 101. Caso de Prueba: Ejecución de Evaluación.

2.5.1.12. Caso de Prueba: Consulta de Resultados.

TIPO	PRUEBA DE UNIDAD
NOMBRE	Caso de Prueba: Consulta de Resultados
FECHA	26 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Identificador de la evaluación
SALIDAS	Resultado de la evaluación
RESULTADOS	El resultado de la evaluación se obtiene de los datos persistentes en la base de datos correctamente.
ACCIONES TOMADAS	
OBSERVACIONES	

Tabla No. 102. Caso de Prueba: Consulta de Resultados.

2.5.2. PRUEBAS DE INTEGRACIÓN.

2.5.2.1. Caso de Prueba: Integración entre los Frameworks Spring y Struts.

TIPO	PRUEBA DE INTEGRACIÓN
NOMBRE	Caso de Prueba: Integración entre los Frameworks Spring y Struts
FECHA	1 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Galo Mora
ENTRADAS	Nombre de un objeto Singleton Bean de Spring
SALIDAS	Objeto Singleton Bean de Spring
RESULTADOS	Se realizó una invocación de un objeto Singleton Bean de Spring desde el controlador de Struts. Se detectó un error debido a una incompatibilidad entre un plug-in utilizado para la integración Struts – Spring y las clases utilizadas en el controlador de Struts. Se detectó un error que causaba un retorno nulo en la invocación debido a una sobrecarga de clases en las librerías de integración Spring – Struts y las librerías de despliegue del framework Spring para JBoss sobre una máquina virtual Java 5.
ACCIONES TOMADAS	Se reemplazó el plug-in utilizado por una clase Listener del API de Spring para la integración. Se modificó la librería de despliegue de Spring en JBoss sobre Java 5 para eliminar la sobrecarga de clases, las clases en cuestión son las respectivas a la integración Spring – Struts incluidas en las

	librerías del paquete web.
OBSERVACIONES	Aunque prácticamente era más sencillo modificar el código para utilizar clases de soporte en el controlador Struts se decidió reemplazar el plug-in debido a que el controlador contiene código generado automáticamente con XDoclet, con programación orientada a aspectos, pero dicho código no se generaba correctamente una vez realizados los cambios, lo que condujo a un problema en el controlador.

Tabla No. 103. Caso de Prueba: Integración entre los Frameworks Spring y Struts.

2.5.2.2. Caso de Prueba: Conexión a la Base de Datos.

TIPO	PRUEBA DE INTEGRACIÓN
NOMBRE	Caso de Prueba: Conexión a la Base de Datos
FECHA	10 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Pedro Minga, Galo Mora
ENTRADAS	Petición de conexión a la base de datos
SALIDAS	Conexión a la base de datos
RESULTADOS	Se comprobó la conexión desde el componente del modelo del negocio hacia la base de datos. La conexión es controlada por el framework Spring que maneja la apertura y cierre de conexiones, y la transaccionalidad. La conexión se realizó exitosamente sin ningún inconveniente.

Tabla No. 104. Caso de Prueba: Conexión a la Base de Datos

2.5.3. PRUEBAS DE VALIDACIÓN.

2.5.3.1. Caso de Prueba: Revisión de Requerimientos.

TIPO	PRUEBA DE INTEGRACIÓN
NOMBRE	Caso de Prueba: Revisión de Requerimientos
FECHA	1 de marzo de 2008
RESPONSABLE	Pedro Minga, Galo Mora
ENTRADAS	Requerimientos del Sistema
SALIDAS	Sistema HEPPIC
RESULTADOS	Tras haber realizado una comparación entre la funcionalidad del sistema HEPPIC y los requerimientos establecidos en este documento, se llega a la conclusión de que el sistema satisface todos los requerimientos definidos.

Tabla No. 105. Caso de Prueba: Revisión de Requerimientos

CAPITULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3.1. CONCLUSIONES.

- Los resultados que se obtienen aplicando el proceso jerárquico AHP demuestran que los evaluadores participantes aprecian de formas diferentes los criterios que se consideran en la evaluación, la asignación de pesos relativos a los criterios de evaluación por parte de los evaluadores y su posterior agregación en valores difusos representativos permiten considerar objetivamente cada apreciación particular de los evaluadores.
- El hecho de que un proyecto reciba una valoración relativamente baja en un determinado criterio no significa necesariamente que el proyecto es deficiente en dicho criterio, sino que puede significar que dicho criterio es menos importante para el evaluador respecto a otros. El caso inverso con valores relativamente altos es análogo. El establecimiento de valoraciones relativas por pares y pesos relativos para los criterios es útil para representar la importancia que cada criterio tiene para cada actor participante en la evaluación.
- La toma de decisiones mediante el uso de lógica difusa permite integrar coherentemente las evaluaciones que tengan diferentes profesionales de diversos campos de la ciencia y la administración. Cada profesional que interviene en la evaluación tiene expectativas y juicios de valoración distintos dependiendo del área del conocimiento en la que se desempeñan, además cada profesional tiene un nivel de conocimiento distinto en cada aspecto considerado en la evaluación de proyectos de investigación, el obtener las valoraciones intuitivas de cada evaluador considerando analíticamente la incertidumbre inherente a dicha valoración es una forma efectiva de integración de todas las valoraciones.
- El resultado final de la evaluación, es decir la ponderación de los proyectos evaluados, permite identificar los proyectos que integrando los juicios de los evaluadores son los más convenientes; sin embargo no se debe descartar como inválidos los proyectos que han recibido valoraciones que no son las más altas. La estructura jerárquica de AHP permite obtener resultados

parciales de la evaluación para cada proyecto, y la interpretación de estos resultados permite identificar los aspectos del proyecto en que este presenta debilidades y facilita la corrección de dichas debilidades.

- El proceso de evaluación de proyectos debe ser necesariamente parametrizable, dado que debe responder a los requerimientos de la institución en la que se implementa además de que depende en gran medida del entorno que le rodea, el cual se encuentra en constantes cambios a lo largo del tiempo. El sistema debe ser suficientemente flexible y parametrizable para ajustarse a cada situación.
- El proceso de evaluación de proyectos utilizando lógica difusa permite obtener un consenso general entre todas las partes interesadas en la evaluación, ya que sus características lo definen como un proceso objetivo y transparente. Sin embargo las partes pueden presentar cierta resistencia al método de evaluación debido a que los procesos matemáticos utilizados son de una alta complejidad.
- La evaluación de proyectos de investigación utilizando lógica difusa contribuye a la toma de decisiones empresarial, sin embargo consideramos que no debe ser la única fuente de datos al respecto. Las personas encargadas de la toma final de decisiones deben considerar aspectos que no han sido incluidos en este proceso de evaluación.
- El trato de las incertidumbres en el proceso permite representar adecuadamente el pensamiento humano que no considera únicamente dos estados de verdad como en la lógica tradicional, los estados de transición considerados en la lógica difusa permiten establecer umbrales imprecisos que reflejan la subjetividad inherente a los juicios de valoración emitidos por los seres humanos.

3.2. RECOMENDACIONES.

- El administrador encargado de la parametrización del sistema debe ser un experto con adoctrinamiento en la teoría de los conjuntos difusos y la lógica difusa para el correcto funcionamiento del sistema. Aunque el sistema incluye una configuración inicial predeterminada hemos mencionado que requiere configurar sus parámetros para una óptima satisfacción de los requerimientos institucionales. La manipulación de los parámetros requeridos para el procesamiento matemático difuso requiere un conocimiento previo de la representación de los estados de transición por medio de números difusos.
- El estudio de la teoría de la lógica difusa tiene un gran alcance en el campo de la inteligencia artificial y la investigación científica, con aplicaciones muy diversas como reconocimiento de patrones, agentes del conocimiento, programación de controladores, sistemas de gestión empresarial, diseño asistido por computadores, herramientas de diagnóstico en distintos campos, etc. Su éxito se puede corroborar en numerosos productos de la industria que utilizan este acercamiento, y actualmente es un tema de absoluta vigencia. Recomendamos que se continúe con la realización de proyectos de titulación que aborden estos temas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F T S Chan, H K Chan and M H Chan
 “An integrated fuzzy decision support system for multicriterion decision-making problems”
 Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers.
 Biblioteca Virtual de IEEE
 Año 2003

- [2] VAISH, Prakhar
 “Application of Fuzzy Theory to Term Based Portfolio Selection”
 Proceedins of the Fourth Internacional Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis
 Biblioteca Virtual de IEEE
 Año 2003

- [3] CAMERON Enrico, PELOSO Gian Francesco
 “Risk Management and the Precautionary Principle: A Fuzzy Logic Model”
 Society for Risk Analisis
 Biblioteca Virtual de IEEE
 Año 2003

- [4] WANG Huaiqing, ZHANG Mingyi, ZU Dongming, ZHANG Dan
 “A Framework of Fuzzy Diagnosis”
 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering
 Diciembre, 2004

- [5] REYNA, Valerie
 “How People Make Decisions That Involve Risk”
 Informatics and Decision Making Laboratory, Departaments of Surgery and Medicine, University of Arizona.
 IEEE
 Año 2004

- [6] LIN Chinho, TAN Bertram, HSIEH Ping-Jung
 “Application of the Fuzzy Weighted Average in Strategic Portfolio Management”
 Departament of Industrial and Information Management and Institute of Information Management, Nacional Cheng Kung University, Tainan, Taiwán
 IEEE
 Agosto, 2005

- [7] ENGEMANN Kart J., MILLER Colmes E., YAGER Ronald R.
 “Decision Making Using the Weighted Median Applied to Risk Management”
 Iona College, New Rochelle, NY 10: 801
 Muhlenberg College Allentown

Proceedings of the 3rd Internacional Symposium on Uncertainty
Modelling and Análisis (ISUMA '95)
IEEE
Año 1995

- [8] MORALES Luna, Guillermo
“Elementos de Lógica Difusa”
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-
IPN)
gmorales@cs.cinvestav.mx
<http://delta.cs.cinvestav.mx/~gmorales/ldifl/ldifl.html>
- [9] ORCHARD, Bob
“Fuzzy Clips Web Site”
Integrated Reasoning Group
NRC Institute for Information Technology
1200 Montreal Road, Building M-50
Ottawa, ON KIA OR6 Canada
Email: Bob.Orchard@nrc-cnrc.gc.ca
http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyClips/fuzzyCLIPSIndex.html
- [10] BELL, Donald
“UML Basics”
The Rational Edge.
Rational Software Copyright
Septiembre 2003
- [11] QUATRANI, Terry
“A technical Discussion of UML. Introduction to the Unified Modeling
Language”
UML Evangelist.
Rational Developer Network
Año 2003
- [12] AVILA M. Ruth Maritza
“El AHP (Proceso Jerárquico Analítico) y su aplicación para determinar
el uso de las tierras”
Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
Santiago de Chile
Diciembre, 2000.
- [13] GARZA RÍOS, Rosario
“Técnicas Multicriteriales para la Toma de Decisiones”
URL: <http://www.gestiopolis.com/>
Abril, 2006.
- [14] MARTÍNEZ, Eduardo, ESCUDEY Mauricio
“Evaluación y decisión Multicriterio – Reflexiones y experiencias”
Editorial Universidad Santiago de Chile. UNESCO.

Año 1998.

- [15] KLIR, George, YUAN Bo
“Fuzzy Sets and Fuzzy Logic – Theory and Applications”
Prentice-Hall
Estados Unidos. 1995.

- [16] HURTADO, Toskano y BRUNO, Gerard
“El Proceso de Análisis Jerárquico como Herramienta para la toma de Decisiones en la Selección de Proveedores”
Biblioteca Virtual de la Universidad Mayor de San Marcos de Perú.
Año 2005

- [17] MORRILLAS RAYA, Antonio
“Introducción al Análisis de Datos Difusos”
Departamento de Estadística y Econometría
Universidad de Málaga
Año 1993

- [18] AGUIAR FALCONÍ, Roberto
“Metodología para evaluar los Perfiles de Proyectos de Investigación Científica de la Convocatoria de 2005”
Fundacyt. Quito, Ecuador.
Año 2005

- [19] HSU Yeou-Geng, ZHENG Gwo-Hshing, SHYU Joseph
“Fuzzy Multiple Criteria Selection of government-sponsored frontier technology R&D Projects”
Institute of Technology Management
National Chiao Tung University
Hsinchu, Taiwan
Año 2003

ANEXOS

ANEXO A. EVALUACION PRELIMINAR DEL SISTEMA

- Esta evaluación fue realizada sobre un prototipo de la aplicación por el Ing. Edgar Valarezo, funcionario del Ministerio de Industrias de la República del Ecuador, con amplia experiencia en la Gestión de Proyectos, tanto en instituciones públicas como privadas.

ANEXO B. PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA

- Ver carpeta Planificación en CD

ANEXO C. CÓDIGO FUENTE

- Ver carpeta Código Fuente en CD

ANEXO D. MANUAL DE USUARIO

- Ver carpeta Manuales en CD