

APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO DE CONFIANZA
COMPUTACIONAL EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA MULTI-AGENTES

LÍNEA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN E INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Autores:

LIZBETH SANABRIA ACUÑA
NATALIA MARCELA VILLAMIZAR CABALLERO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
ESCUELA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS
INGENIERIA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA
2005

APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO DE CONFIANZA
COMPUTACIONAL EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA MULTIAGENTES

LÍNEA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN E INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Autores:

LIZBETH SANABRIA ACUÑA
NATALIA MARCELA VILLAMIZAR CABALLERO

Tesis de grado para optar al título
de Ingeniero de Sistemas

Director:

GARETH BARRERA SANABRIA
Ingeniera de Sistemas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
ESCUELA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS
INGENIERIA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA
2005

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga 31 de mayo del 2005

A Dios quien es mi guía y fortaleza por darme su sabiduría y amor en los momentos difíciles de mi vida mostrándome el camino y aliviando mis cargas.

A mis padres Flavio Sanabria y Marina Acuña por estar siempre dispuestos a apoyarme con paciencia y dedicación enseñándome que con amor y constancia puedo lograr mis sueños.

A mis hermanos por brindarme su amor constante y hacerme sonreír a pesar de las circunstancias durante esta etapa de mi vida.

A Julián Bermúdez por animarme a cada instante con cariño y por los consejos tan certeros que fortalecieron mi espíritu.

A mi compañera de tesis Natalia Villamizar, por brindarme su amistad incondicional lo cual nos permitió sacar este proyecto adelante con méritos y enseñanzas provechosas no solo como profesionales sino como mujeres seguras y pujantes; y a demás amigos y conocidos que estuvieron conmigo en este trayecto de mi vida.

Lizbeth Sanabria Acuña

A Dios, fuente de inspiración y fortaleza, quien ha estado a mi lado en cada momento de mi vida y no me desamparó en tiempos difíciles.

A mis padres y hermana, por depositar su confianza en mi, por sus constantes enseñanzas, su incondicional apoyo en esta etapa y especialmente, por brindarme un gran amor.

A Jorge Nassar, por compartir mis sueños y brindarme su cariño, alegría y compañía en todo momento.

A Lizbeth Sanabria, por su amistad y las experiencias que pudimos compartir.

Natalia Marcela Villamizar Caballero

AGRADECIMIENTOS

A la ingeniera Gareth Barrera Sanabria, nuestra directora de proyecto por su orientación durante el desarrollo del mismo.

A la ingeniera financiera Luz Helena Carvajal, quien nos asesoró con gran paciencia y amabilidad sobre el funcionamiento de la Bolsa de Valores de Colombia.

Al ingeniero Juan Carlos García Ojeda, por su gran disposición, valiosa asesoría y apoyo a lo largo de este proyecto.

A nuestros amigos, compañeros y demás personas que nos acompañaron y creyeron en nuestro trabajo.

CONTENIDO

Pág.	11
INTRODUCCIÓN	22
1 LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA.....	27
1.1 FUNCIONES PRINCIPALES.....	28
1.2 MERCADOS DE LA BOLSA DE VALORES COLOMBIANA.....	28
1.3 CERTIFICADO DE DEPÓSITO A TÉRMINO (CDT).....	30
1.4 NEGOCIACIÓN DE TÍTULOS DE RENTA FIJA.....	30
2 INGENIERIA DEL SOFTWARE ORIENTADA A AGENTES.....	33
2.1 AGENTES.....	35
2.2 TIPOS DE AGENTES.....	37
2.3 SISTEMAS MULTIAGENTES.....	39
3. METODOLOGÍAS DE SISTEMAS MULTIAGENTES	41
3.1 MESSAGE (Methodology for Engineering Systems of Software Agents).....	41
3.2 MAS-CommonsKADS.....	42
3.3 GAIA II	44
3.4 COMPARACION ENTRE METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS MULTIAGENTES.....	46
3.4.1 ARQUITECTURA DE LA METODOLOGÍA GAIA I.....	48
4 CONFIANZA COMPUTACIONAL	64
4.1 CONFIANZA Y REPUTACIÓN.....	66
4.2 MÉTRICAS DE CONFIANZA	67
4.3 MODELOS DE CONFIANZA	67
4.3.1 PRINCIPLES OF TRUST FOR MAS : COGNITIVE ANATOMY, SOCIAL IMPORTANCE, AND QUANTIFICATION	68
4.3.2 AN ADAPTIVE SOCIAL NETWORK FOR INFORMATION ACCESS: THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESULTS.....	70
4.3.3 TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEMS.....	71
4.4 APLICACIÓN DE LOS MODELOS Y MÉTRICAS DE CONFIANZA.....	75
4.4.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN LOS MODELOS DE CONFIANZA	76

4.4.2 Modelos de Métricas de Confianza	85
4.4.3 Modelo FIRE.....	88
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA GAIA II Y DEL MODELO FIRE AL CASO DE LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA (BVC)	95
<i>5.1 MODELADO GAIA Y FIRE.....</i>	<i>95</i>
5.1.1 FASE DE REQUERIMIENTOS	100
Fuente: Autores del proyecto.	105
Fuente: Autores del proyecto.	106
Fuente: Autores del proyecto.	112
5.1.2 FASE DE ANÁLISIS.....	135
5.1.3 Reglas de la Organización	157
5.3 APLICACIÓN DEL MODELO FIRE	159
5.3.1 MODELO DE FIRE APLICADO AL CASO DE LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA.....	163
AGENTES PARTICIPANTES: COMPRADOR --- ADMINISTRADOR DEL SISTEMA	164
<i>AGENTES PARTICIPANTES: VENDEDOR --- ADMINISTRADOR DEL SISTEMA</i>	<i>164</i>
5.4 ARQUITECTURA DE DISEÑO	175
5.4.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	175
• Modelo de Roles.....	178
➤ Modelo de Interacción.....	184
• FASE DE DISEÑO	191
6. HERRAMIENTAS PARA LA VISUALIZACION DE COMUNICACIÓN EN EL SISTEMA MULTIAGENTE (JADE).	199
7. FASE DE IMPLEMENTACIÓN	201
7.1 HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL SIMULADOR DE LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA	201
7.2 BASES DE DATOS CREADAS PARA EL SISTEMA	202
7.3 CLASES DEL SISTEMA.....	206
7.4 INTERFACES DE USUARIO.....	209
7.5 CODIFICACIÓN.....	223
7.6 COMUNICACIÓN JSP-JADE	230
8. PRUEBAS DEL SISTEMA	237
8.1 APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS EN LA BVC.....	239

9. CONCLUSIONES	244
10. TRABAJOS FUTUROS.....	248
11. REFERENCIAS	250
Anexo 1: COMUNICACIÓN DE AGENTES EN JADE	262
Anexo 2: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA.....	264
Anexo 3: ESTRUCTURA DEL SISTEMA.....	284

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación de metodologías de sistemas multiagentes.	47

Tabla 2. Operadores de Gaia II.	51
Tabla 3. Esquema de modelo de roles.	52
Tabla 4. Definición de instancias de un agente en el tiempo.	62
Tabla 5. Notación de UML para los casos de uso.	101
Tabla 6. Modelado del ambiente del administrador del sistema.	141
Tabla 7. Modelado del ambiente comisionista comprado.	142
Tabla 8. Modelado del ambiente comisionista vendedor.	143
Tabla 9. Modelado de departamentos.	143
Tabla 10. Rol administrador del Sistema.	145
Tabla 11. Rol comisionista vendedor.	147
Tabla 12. Rol comisionista comprador.	147
Tabla 13. Rol administrado del Portafolio.	149
Tabla 14. Rol informer.	150
Tabla 15. Ejemplo de calificaciones esperadas interacción notificar fin de negocio vendedor.	169
Tabla 16. Ejemplo de calificaciones obtenidas interacción notificar fin de negocio vendedor.	171
Tabla 17. Ejemplo de calificaciones obtenidas con varios registros de interacción notificar fin de negocio vendedor.	173
Tabla 18. Rol organizacional administrador del sistema.	178
Tabla 19. Rol organizacional comisionista vendedor.	180
Tabla 20. Rol organizacional comisionista comprador.	181

Tabla 21. Rol organizacional administrador del portafolio.	182
Tabla 22. Rol organizacional informar.	183
Tabla 23. Agente administrador del sistema.	193
Tabla 24. Agente administrador del portafolio.	195
Tabla 25. Agente comprador.	196
Tabla 26. Agente vendedor.	197
Tabla 27. Agente informar.	198
Tabla 28. Formato de pruebas.	235
Tabla 29. Formato de aspectos a calificar.	236

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Abstracción del funcionamiento de la Bolsa de Valores de Colombia.	33
Figura 2. Formato de protocolos en Gaia II.	54
Figura 3. Fuerzas involucradas en la identificación de la estructura organizacional.	57
Figura 4. Representación jerárquica de la organización en Gaia II.	60
Figura 5. Abstracción del funcionamiento de la Bolsa de Valores de Colombia para el sistema multiagente.	95
Figura 6. Diagrama de funcionamiento de la Bolsa de Valores de Colombia.	99
Figura 7. Casos de uso del comisionista en la Bolsa de Valores de Colombia.	102
Figura 8. Casos de uso del administrador del sistema en la Bolsa de Valores de Colombia.	102
Figura 9. Casos de uso del portafolio en la Bolsa de Valores de Colombia.	103
Figura 10. Casos de uso del informer en la Bolsa de Valores de Colombia.	103
Figura 11. Diagrama de secuencia del caso uso inscribirse en la bolsa.	105
Figura 12. Diagrama de secuencia del caso uso validar registro.	106
Figura 13. Diagrama de secuencia del caso notificar negocio de compra al portafolio.	107

Figura 14. Diagrama de secuencia del caso uso realizar compra.	109
Figura 15. Diagrama de secuencia del caso uso proporcionar y filtrar información.	110
Figura 16. Diagrama de secuencia del caso uso notificar negocio venta.	112
Figura 17. Diagrama de secuencia del caso uso ingresar CDT.	113
Figura 18. Diagrama de secuencia del caso uso guardar CDT's comprados.	115
Figura 19. Diagrama de secuencia del caso uso guardar CDT's vendidos.	117
Figura 20. Diagrama de secuencia del caso uso informar cambios.	119
Figura 21. Diagrama de secuencia del caso uso eliminar CDT's negociados y mover al historial.	121
Figura 22. Diagrama de secuencia del caso uso verificar expiración y eliminar registro.	123
Figura 23. Diagrama de secuencia del caso uso sincronizar fechas.	124
Figura 24. Diagrama de secuencia del caso uso registrar comisionista.	126
Figura 25. Diagrama de secuencia del caso uso registrar CDT.	128
Figura 26. Diagrama de secuencia del caso uso notificar fin de negocio.	129
Figura 27. Diagrama de secuencia del caso uso eliminar registro del CDT negociado.	130
Figura 28. Diagrama de secuencia del caso uso abrir y cerrar rueda.	131
Figura 29. Diagrama de secuencia del caso uso evaluar oferta y seleccionar mejor alternativa.	133

Figura 30. Diagrama de secuencia del caso uso seleccionar CDT solicitado.	134
Figura 31. Protocolo preliminar de informar horario.	151
Figura 32. Protocolo preliminar de validar portafolio.	151
Figura 33. Protocolo preliminar de petición de inscripción.	152
Figura 34. Protocolo preliminar de validar sistema.	152
Figura 35. Protocolo preliminar de inscribir CDT.	153
Figura 36. Protocolo preliminar de su solicitud variable del mercado.	153
Figura 37. Protocolo preliminar de solicitud de CDT.	154
Figura 38. Protocolo preliminar de solicitud variable mercado comprador.	154
Figura 39. Protocolo preliminar de oferta de compra.	154
Figura 40. Protocolo preliminar notificar fin de negocio del administrador del sistema al comisionista.	155
Figura 41. Protocolo preliminar notificar negocio comprador.	155
Figura 42. Protocolo preliminar notificar fin de negocio vendedor.	156
Figura 43. Protocolo preliminar de informar cambios.	156
Figura 44. Modelo de confianza aplicado a la Bolsa de Valores de Colombia.	163
Figura 45. Topología jerárquica de Gaia II aplicada al sistema.	176
Figura 46. Colección de pares de Gaia II aplicados al sistema.	176
Figura 47. Estructura organizacional de Gaia II aplicado al sistema.	177
Figura 48. Protocolo organizacional validar portafolio.	184

Figura 49. Protocolo organizacional petición de inscripción.	185
Figura 50. Protocolo organizacional.	185
Figura 51. Protocolo organizacional validar sistema.	186
Figura 52. Protocolo organizacional solicitud variables del sistema comprador, vendedor.	186
Figura 53. Protocolo organizacional inscribir CDT.	187
Figura 54. Protocolo organizacional suministrar certificado.	187
Figura 55. Protocolo organizacional solicitud del CDT.	187
Figura 56. Protocolo organizacional solicitud variable del mercado comprador.	188
Figura 57. Protocolo organizacional de oferta de compra.	188
Figura 58. Protocolo organizacional notificar fin de negocio a los comisionistas.	189
Figura 59. Protocolo organizacional suministrar calificación.	189
Figura 60. Protocolo organizacional notificar fin de negocio vendedor al portafolio.	190
Figura 61. Protocolo organizacional informar cambios.	190
Figura 62. Modelo de agentes aplicados al caso de estudio.	191
Figura 63. Base de Datos del sistema.	203
Figura 64. Base de Datos pública de la Bolsa de Valores de Colombia.	204
Figura 65. Base de Datos portafolio de la Bolsa de Valores de Colombia.	205
Figura 66. Paquete de clases agentes de la Bolsa de Valores de Colombia.	207

Figura 67. Paquete de Jsp portafolio-rueda Bolsa de Valores de Colombia.	208
Figura 68. Interfaz de usuario validar portafolio.	209
Figura 69. Interfaz de usuario inscribir en el portafolio.	210
Figura 70. Interfaz de usuario elección del perfil del comisionista.	210
Figura 71. Interfaz de usuario elegir acción en el portafolio.	212
Figura 72. Interfaz de usuario revisar CDT's portafolio.	213
Figura 73. Interfaz de usuario historial del portafolio.	214
Figura 74. Interfaz validar comisionista en el sistema.	215
Figura 75. Interfaz registrar comisionista en el sistema.	216
Figura 76. Interfaz acciones del comisionista en el sistema.	217
Figura 77. Interfaz de usuario modificar datos en la rueda.	218
Figura 78. Interfaz transacciones del comisionista en el sistema.	219
Figura 79. Interfaz de usuario estadísticas de las calificaciones.	220
Figura 80. Interfaz de usuario rango de las calificaciones del administrador del sistema.	221
Figura 81. Interfaz de usuario calificación otorgada al administrador del sistema al finalizar la rueda de negociación.	222

GLOSARIO

ACCION: Título de renta variable negociable en la Bolsa de Valores. Los intereses de este tipo de títulos dependen de factores externos a la empresa que negocia la acción.

ACL: (Agent Communication Language). Estándar de FIPA para el formato de los mensajes entre agentes.

AGENTE: Wooldridge y Jennings definen un agente como : *“un programa auto contenido capaz de controlar su proceso de toma de decisiones y de actuar, basado en la percepción de su ambiente, en persecución de uno o varios objetivos”*¹.

CERTIFICADO DE DEPÓSITO A TÉRMINO (CDT): Es un título de renta fija que representa un valor de dinero en término de tiempo, este puede ser de 30 a 635 días. Es expedido a nombre de un beneficiario, el cual recibe intereses dependiendo del monto del CDT y la tasa que se esté manejando en el mercado cambiario.

COMISIONISTA: Entidad que representa a una empresa o a una persona natural para actuar como comprador o vendedor en la Bolsa de Valores.

¹ WOOLDRIGE, Michael y JENNINGS, Nicholas R. Intelligents Agents, Theory And Practice, The Knowledge Engineering Review 10 (2): 115-152,1995

CONFIANZA: Concepto utilizado para medir el estado de un agente en el cual está seguro que otro agente va a actuar de manera positiva para conseguir una tarea que represente resultados positivos para dicho actor.

ESCALA DE CONFIANZA: Rango en el cual varían las calificaciones de confianza de un agente.

FIPA: (Foundation for Intelligent Physical Agents). Organización sin ánimo de lucro que produce estándares para la interacción de agentes de software.

FIRE: Acrónimo de Fide (confianza en latín) y Reputation (Reputación). Modelo de confianza propuesto por Nicholas Jennings, T.Donh Huynh y Nigel Shadbolt, en el cual se categorizan las relaciones entre agentes en interacciones de confianza, roles basados en confianza, testigos de reputación y certificados de reputación. Con este modelo se pretende valorizar las interacciones entre agentes y determinar el grado o nivel de confianza que se puede obtener en un sistema.

GAIA II: Metodología propuesta por Nicholas Jennings en la que se busca modelar el comportamiento de un sistema multiagente, y abstraer del mundo real todos las

circunstancias que faciliten el diseño de agentes capaces de actuar según los roles asignados en un ambiente abierto, complejo y dinámico.

INGENIERÍA DE SOFTWARE: Es una rama que se basa en la ciencia de la computación y las matemáticas, para que a través de soluciones factibles se logre un acuerdo entre las relaciones costo-efectivas (eficaces en costo o económicas) que le permitan a un usuario satisfacer sus necesidades y brindar soluciones a los problemas de desarrollo de software.

INTERACCIÓN: Es la comunicación directa entre agentes.

JADE: (Java Agent Development Environment). Es una plataforma robusta y eficiente de ambiente distribuido para el desarrollo de sistemas multiagente.

LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA: Es una entidad bursátil de carácter privado, en la cual cualquier persona puede participar en la realización de negocios, siempre y cuando cumpla con las normas legales existentes. Su principal objetivo es poner en contacto a oferentes y demandantes de títulos valores a través de instituciones especializadas que se encargan de realizar las negociaciones en su nombre.

MÉTRICA DE CONFIANZA: Es la cuantificación de las actuaciones de un agente.

MODELO DE CONFIANZA: Estudio elaborado que propone alguna metodología y pasos a seguir para valorar la confianza en un agente.

NEMOTÉCNICO: Es la manera de reconocer un título en la Bolsa de Valores. Hace el papel de código de un título.

PORTAFOLIO: Lugar donde los comisionistas guardan sus títulos para llevarlos a la Bolsa. Se asemeja a una carpeta de documentos personales.

REPUTACIÓN: Percepción que los agentes tienen del comportamiento de otros agentes.

ROL: Papel que juegan los agentes en un momento específico.

RUEDA: Espacio de la Bolsa de Valores para llevar a cabo las acciones de compra y venta de títulos valores.

SNIFFER: Agente que puede interceptar mensajes ACL en tiempo real, desplegándolos gráficamente para que el usuario pueda observar la comunicación entre los agentes de un sistema.

SISTEMA MULTIAGENTE (SMA): Un SMA es la unión de agentes unitarios que se agrupan por medio de acciones para cumplir un objetivo común o individual en un medio. Es la coordinación de agentes autónomos y colaborativos. Se ocupa principalmente de estudiar modelos de comportamiento, estrategias de cooperación y coordinación, optimización del desempeño de tareas, aprendizaje a partir de experiencias propias, formación de coaliciones.

TÍTULO DE RENTA FIJA: Son los títulos cuya rentabilidad es conocida por el inversionista al momento de realizar la negociación. Se caracterizan por su bajo riesgo de inversión y por la generación de ingresos seguros (CDT's , TES, Bonos).

TÍTULO DE RENTA VARIABLE: Son todos aquellos títulos cuya rentabilidad es desconocida por el inversionista en el momento de cerrar el negocio porque cambian su valor por factores externos o por el comportamiento económico de las empresas que están representando (acciones).

TÍTULO DE TESORERÍA (TES): Son títulos emitidos por el Gobierno Nacional. Estos títulos no gozan de liquidez primaria antes de su vencimiento.

TÍTULO VALORES: Documentos negociables que conservan los derechos de sus propietarios y que pueden ser transados en el mercado.

INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo de las aplicaciones orientadas hacia la Web ha producido una ampliación en la visión de las empresas, las cuales están optando por

extender su dominio del mercado desplegando su cobertura, ya no sólo a regiones o países, sino al mundo entero. Para lograr esto, los instrumentos que determinan la competitividad están enfocados hacia el uso de herramientas computacionales cada día más ágiles e indispensables.

En el mundo de los negocios, exactamente en una bolsa de valores orientada a la Web, donde las transacciones de oferta y demanda se realizan de manera continua entre usuarios de cualquier lugar del mundo, exigiendo el manejo de información y la toma de decisiones en lapsos de tiempo pequeños, se hace necesario contar con elementos que soporten estas actividades de manera eficiente y eficaz para sostener el desarrollo de las mismas, ya que dadas las características inherentes en las personas, tales como el cansancio y la intolerancia, para un ser humano resultaría extenuante mantener un ritmo continuo de trabajo que se amolde a la velocidad exigida por esta entidad, conllevando a un aumento de posibilidades de cometer equivocaciones en la toma de decisiones referentes a las negociaciones.

Teniendo en cuenta lo señalado anteriormente, se presenta como una solución y un complemento para los funcionarios de ese tipo de entidades la intervención de los sistemas compuestos por la tecnología orientada a agentes, la cual ha avanzado sustancialmente durante los últimos años tomando importancia en campos como el comercio electrónico, en donde se manifiestan diversos estudios al respecto, entre los cuales cabe mencionar algunos proyectos realizados por la

universidad Massachussets Institute of Technology (MIT), como son: "InShop"², el cual implementa los agentes en un supermercado cumpliendo la función de recomendador de los usuarios en una compra, "Market Marker"³, proyecto que crea una infraestructura de comercio electrónico para la creación de mercados dinámicos basados en agentes, e "Impulse"⁴, simulador de un supermercado, en el cual cada usuario representa a un agente comprador o vendedor. . En la UNAB, se realizó un proyecto enfocado en este campo, llamado Diseño e Implementación de un Prototipo de Mercado Virtual Utilizando la Tecnología de Agentes⁵.

Como se evidencia, los agentes son capaces de actuar en un entorno de manera autónoma, facilitando la toma de decisiones y la interacción de los usuarios con la aplicación. Al poseer estas características, los agentes conforman un complemento perfecto en el contexto del mercado bursátil colombiano.

En la Bolsa de Valores de Colombia (BVC)⁶, entidad dedicada a la administración y gestión de transacciones financieras a nivel nacional, es indispensable que todas las negociaciones realizadas se produzcan de manera lícita e impecable, por lo

² DE FRANCESCO, Daniele. KRIKORIAN, RAFFI C. Morris, Joan y MELLEN, Jeffrey C. INSHOP: InShop: Item Recommender, Recipe Recommender, Mapper, 2000

³ WANG, David. Market Marker, MIT Media Lab, 2000.

⁴ MORRIS, Joan. YOULL, Jimm y MAES, Pattie. IMPULSE, MIT Media Lab, 1999.

⁵ DÍAZ RANGEL, Gustavo Andrés y SANTAMARÍA CONTRERAS, Julián Rodolfo. Aplicación de la Metodología Massive en el Desarrollo de una Aplicación Financiera

⁶ <http://www.bvc.com.co>, Bolsa de Valores de Colombia

tanto debe asegurar que sus participantes y colaboradores actúen de manera honorable y transparente; sin embargo, cuando su completo funcionamiento depende de un sistema computacional multiagentes resulta fundamental, no sólo vigilar el desarrollo de las negociaciones, sino medir y analizar el comportamiento de cada agente para determinar si éstos contribuyen con los fines de la organización. Por esta razón, cabe resaltar la importancia de la confianza en cualquier transacción que se realice, ya que no sólo se manejan grandes cantidades de dinero, sino también se juega el nombre, la reputación y la credibilidad de la entidad, porque una decisión fraudulenta por parte de los agentes de negocios o una acción maliciosa que perjudique a los clientes, pueden provocar el fracaso de la organización en el mundo de los negocios Web.

La confianza y sus aplicaciones en sistemas multiagentes han sido caso de diversos estudios, entre los que se encuentran: *Principles Of Trust For Mas: Cognitive Anatomy, Social Importance, And Quantification, Division Of "Ai, Cognitive Modeling And Interaction"*⁷, el cual destaca el desarrollo socio-cognitivo de los agentes, afirmando que un agente debe confiar en otro luego de analizar las creencias, motivaciones y expectativas de éste último, *Trust In Multi-Agent Systems*⁸, trabajo que analiza los aspectos que se deben tener en cuenta al

⁷ CASTELFRANCHI, Cristiano y RINO, Falcone. Principles of Trust for Mas : Cognitive Anatomy, Social Importance, and Quantification, Division of "AI, Cognitive Modeling and Interaction",

⁸ JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

implementar un agente en un sistema abierto y el *Modelo de Confianza Distribuido*⁹, este modelo está basado en la confianza que existe entre los agentes según la información de reputación y las experiencias pasadas que mantiene cada uno en su base de datos .

Por todo lo anterior, en este trabajo se realiza la implementación de un sistema multiagentes para el caso de la Bolsa de Valores colombiana, analizando su comportamiento para valorar el nivel de confianza del administrador y el nivel de satisfacción de los actores al término de sus transacciones.

Este documento describe el proceso de investigación de la metodología Gaia II para modelar los agentes en el sistema; la aplicación y la validación del modelo de confianza FIRE¹⁰ el cual describe las reglas, fórmulas y parámetros indispensables para implementar los grados de confianza en el prototipo de la Bolsa de Valores de Colombia. Finalmente se presenta el plan de pruebas necesarias para justificar los resultados obtenidos.

⁹ RAHMAN ALFAREZ, Abdul y HAILES, Stephen. A Distributed Trust Model, Department of Computer Science.

¹⁰ HUYNH T., Dong. JENNINGS, Nicholas R. y SHADBOLT, Nigel R. Fire: an Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems, 2003

1 LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA

La Bolsa de Valores de Colombia es una entidad bursátil de carácter privado, en la cual cualquier persona puede participar en la realización de negocios, siempre y cuando cumpla con las normas legales existentes. Su principal objetivo es poner en contacto a oferentes y demandantes de títulos valores a través de instituciones especializadas que se encargan de realizar las negociaciones en su nombre. ¹¹

1.1 FUNCIONES PRINCIPALES

La función principal de esta entidad es designar los recursos hacia la inversión en empresas, por medio de actividades que complementen este propósito, entre las cuales se encuentran:

- Asegurar la honorabilidad y la transparencia en las negociaciones para ofrecer a los participantes condiciones apropiadas para realizar inversiones.
- Fomentar las transacciones de los títulos.
- Reglamentar las funciones de los miembros y velar por el cumplimiento de las normas legales establecidas.
- Suministrar información al público acerca de los títulos valores y la forma como se realizan las transacciones.
- Servir de lugar de negociación a través de ruedas o sesiones bursátiles, las cuales representan el espacio en que se realiza la subasta de títulos, llamada puja, y se concretan las acciones de venta y compra. Esta es una de las funciones más importantes que este proyecto implementa dentro del sistema multiagente desarrollado.

1.2 MERCADOS DE LA BOLSA DE VALORES COLOMBIANA

¹¹ Página de la Bolsa de Valores de Colombia <http://www.bvc.com.co>.

Los títulos valores que se negocian en la Bolsa de Valores se dividen en cinco módulos de transacciones denominados: renta fija, renta variable, deuda pública, divisas y operaciones a plazo de cumplimiento. Sin embargo, existe una clasificación que depende principalmente del rendimiento del título, ya sea fijo o variable, de donde se desprenden los dos tipos de transacciones más representativos del mercado colombiano:

- *Títulos de Renta Fija:* a esta categoría pertenecen aquellos títulos cuya rentabilidad es conocida por el inversionista desde el momento de realizar la negociación. Se caracterizan por su bajo riesgo de inversión y por la generación de ingresos seguros. Sobresalen los TES (Título de Tesorería) y los CDT's (Certificado de Depósito a Término) . Para reconocer estos títulos, la Bolsa de Valores utiliza un “nombre” para ellos, denominado nemotécnico, en el cual se plasman la serie o código del título, la entidad que lo emitió, la clase y el tipo de pago con el cual se negocia.

- *Títulos de Renta Variable:* a esta clase pertenecen todos los títulos cuya rentabilidad es desconocida por el inversionista en el momento de cerrar el negocio porque cambian su valor por factores externos o por el comportamiento económico de las empresas que están representando. Los títulos más representativos son las acciones.

1.3 CERTIFICADO DE DEPÓSITO A TÉRMINO (CDT)

El CDT representa a los títulos de renta fija y se trata de un certificado que recibe el inversionista de una entidad bancaria a cambio del depósito de dinero realizado en ésta por un periodo de tiempo. Este periodo puede ir desde los 30 días hasta los 365 días, dependiendo de los términos en los cuales se negocie el CDT. La tasa de interés que rige a los CDt's está determinada por el valor del título, el tiempo por el cual se negoció y las condiciones del mercado en el momento de realizar la negociación.

En la actualidad el 80% de los títulos valores que se negocian en la bolsa de valores Colombiana son de este tipo.

1.4 NEGOCIACIÓN DE TÍTULOS DE RENTA FIJA

La negociación de un título de Renta Fija se inicia con el ingreso de un comisionista, que representa a la persona o entidad que desea negociar el título que posee. Éste debe suministrar al administrador de la bolsa ciertos datos del título, que tiene guardados en su portafolio personal, entre los cuales se encuentran el nemotécnico, el valor, la tasa de negociación y la madurez o periodo en el cual los títulos generan intereses.

Una vez el administrador de la bolsa recibe los datos del comisionista que desea vender, lo registra y le autoriza el inicio de la negociación.

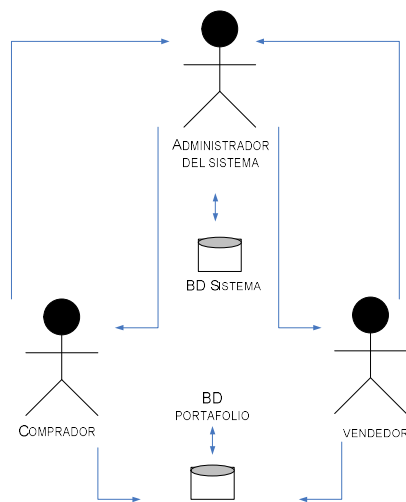
Al igual que un comisionista que desea realizar una venta, el comisionista que desea efectuar una compra debe inscribirse dentro de la bolsa de valores, indicando los mismos datos que el vendedor ingresó pero aclarando que los datos suministrados son con la intención de compra. Un comisionista comprador no tiene ningún tipo de comunicación con el vendedor, y sólo se pueden transferir los títulos a través del administrador.

Cuando se realiza la apertura de la rueda de negociación, que es el único momento donde se pueden realizar las negociaciones, los comisionistas de bolsa reciben y realizan ofertas dependiendo del rol que estén desempeñando. Esta se encuentra abierta desde las ocho de la mañana hasta las tres de la tarde para las transacciones de los títulos de renta fija y su funcionamiento es controlado por el administrador. Todas las ofertas y títulos inscritos en la bolsa, son guardados por el administrador y son mostrados en el momento en que un comisionista se interese en negociarlos.

Cuando se finaliza la rueda, se publica en el tablero electrónico los negocios que fueron cerrados y se efectúan las transacciones necesarias para el traspaso del título adquirido por los comisionistas y su respectivo pago.

El funcionamiento de la BVC está representado en la Figura 1, donde se ilustra la comunicación entre los comisionistas y el administrador, la cual se describió anteriormente.

Figura 1 Abstracción del funcionamiento de la rueda de la Bolsa de Valores de Colombia



Fuente: Autores del proyecto

2 INGENIERIA DEL SOFTWARE ORIENTADA A AGENTES

Un paradigma de programación refleja la forma en que se visualizan los procesos que desean ser modelados, basándose en conceptos como actores, datos y relaciones, entre otros¹².

A través del tiempo, han surgido paradigmas de programación que han orientado los trabajos con diferentes enfoques, dos de los cuales son altamente reconocidos

y utilizados: el paradigma de programación estructurada y el paradigma de programación orientada a objetos, los cuales se diferencian por la representación que hacen de los procesos llevados a cabo por el hombre y la naturaleza¹¹, a. De esta manera, para la ingeniería del software orientada a objetos, como lo menciona Roger Pressman¹³ vivimos entre objetos, los cuales existen en cualquier lugar y momento y pueden ser descritos, organizados, combinados, manipulados y clasificados.

Por otro lado, el paradigma de programación estructurada sostiene que los programas pueden ser escritos con alto grado de estructuración, lo cual facilita las pruebas, modificación y el seguimiento de éstos, obteniendo una programación de alta precisión¹¹, n. No obstante, los requerimientos de cada época, sumados a los avances tecnológicos, hacen de la ingeniería del software una ciencia en constante evolución.

Actualmente, con el progreso de Internet y el aumento de sistemas distribuidos, se ha creado la necesidad de desarrollar un paradigma que soporte actividades de gran demanda de flexibilidad, que represente la movilidad de los usuarios y de las

¹² DÍAZ SILVA, José Fabián y MURILLO MESA, Anderson. Diseño e Implementación de un Prototipo de Mercado Virtual Utilizando la Tecnología de Agentes, Tesis en Ingeniería de Sistemas

¹³ PRESSMAN, Roger S.. Ingeniería del software: Un enfoque práctico, Quinta edición, McGrawHill, Madrid

aplicaciones y que no sólo funcione en sistemas cerrados. Como respuesta a esta necesidad surge un nuevo paradigma se conoce como el Paradigma Orientado a Agentes (POA), el cual supera a sus antecesores al cubrir la necesidad de crear agentes de software capaces de aprender y de llevar a cabo tareas de forma autónoma, comunicándose constantemente de manera ágil y eficiente, por lo que se están desarrollando herramientas como AUML (Agent-based Unified Modeling Language)¹ así como metodologías como Gaia II¹⁴, Message¹⁵, las cuales intentan definir y modelar el ciclo de vida para el desarrollo de sistemas compuestos por agentes para facilitar la implementación de éstos.

Ante estas características el Paradigma Orientado a Agentes se está posicionando como una solución a las necesidades de la época.

2.1 AGENTES

Como consecuencia del desarrollo de la Programación Orientada a Agentes nace el concepto de agente, entidad que representa el sustento de éste nuevo paradigma, el cual incorpora nuevas características a lo que se conocía de un objeto en el Paradigma Orientado a Objetos. Por esta razón, el POA es motivo de

¹ Definición de AUML <http://www.auml.org/>

¹⁴ WOOLDRIGE, Michael. ZAMBONELLI, Franco y JENNINGS, Nicholas R, Developing Multiagent System: The Gaia Methodology, Departmente Of Computer Science, University Of Liverpool, 2003

¹⁵ CAIRE, Giovanni. LEAL, Francisco y RODRÍGUEZ, Joao. MESSAGE: methodology for Engineering Systems of Software Agents, Septiembre 2001.

interés en comunidades académicas e industriales de todo el mundo, hecho que ha dado origen a múltiples definiciones de un agente. En este trabajo se sigue la definición planteada por Wooldridge y Jennings. Ellos definen un agente como: *“un programa auto contenido capaz de controlar su proceso de toma de decisiones y de actuar, basado en la percepción de su ambiente, en persecución de uno o varios objetivos”*¹⁶. Sin embargo, se encuentran más definiciones de este término, entre las cuales se incluyen la dada por, Andrew Patrick, quien afirma que son *“Objetos activos con habilidades para percibir, razonar y actuar”*¹⁷. Nwana define al agente *“como un término “paraguas” o meta-termino usado para representar una amplia gama de software con diferentes características y habilidades.”*¹⁸

Para Jennings y Wooldridge¹⁵, los agentes manejan características importantes las cuales son:

- **Autonomía:** La capacidad del agente para tomar decisiones pertinentes según sea su necesidad y para lo cual ha sido programado en el momento en que interactúa en un ambiente abierto.

¹⁶ WOOLDRIGE, Michael y JENNINGS, Nicholas R. Intelligent Agents, Theory And Practice, The Knowledge Engineering Review 10 (2): 115-152,1995

¹⁷ PATRICK, Andrew. Privacy, Trust, Agents & Users: A Review Of Human-Factors Issues Associated With Building Trustworthy Software,

¹⁸ NWANA, Hyacinth S. Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review.

- **Habilidad social:** Es la capacidad que todo agente debe tener para interactuar con otros agentes, con mira a satisfacer sus objetivos.
- **Reactividad:** Es la capacidad del agente para percibir el ambiente y responder ante los cambios que ocurran en él para alcanzar sus objetivos.
- **Pro actividad:** Exhibir su comportamiento directo hacia su meta, con el fin de tomar las iniciativas pertinentes para lograr sus metas.

2.2 TIPOS DE AGENTES

Según sus características, los agentes son clasificados dependiendo del enfoque para el cual se van a utilizar, una de las calificaciones más aceptadas es la de Hyacinth S. Nwana¹⁹:

- **Agentes colaborativos:** Aquellos fundamentados en tener la capacidad de interactuar en un ambiente, cooperando y siendo autónomos para facilitar y mejorar la realización de sus tareas. Además, se caracterizan porque no tienen la necesidad de aprender constantemente, tendiendo a ser

¹⁹ NWANA, Hyacinth S. Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review.

estáticos. También deben ser capaces de actuar ágil y racionalmente en entornos multiagente y en sistemas abiertos.

- **Agentes interfaz:** Aquellos capaces de aprender y ser autónomos para ayudar a mejorar la comprensión del usuario de un determinado sistema o aplicación. Su capacidad de cooperar la usan para obtener información de un tema específico, evitando así negociaciones prolongadas e indeseables. Dichos agentes aprenden a asistir a su usuario observándolo e imitándolo, por medio de una realimentación positiva o negativa desde el usuario, es decir, aprendiendo del usuario, recibiendo de él las instrucciones explícitas y solicitando consejos a otros agentes. Los agentes de interfaz tienen su motivación en la reducción de un trabajo tedioso y extenso de los usuarios, ayudándoles y facilitándoles sus tareas.

- **Agentes móviles:** Tienen la capacidad de desplazarse a través de una red WAN, obteniendo información de los Host que interactúan en el ambiente para satisfacer las necesidades de sus clientes.

- **Agentes de información:** Surgen con la necesidad de manejar grandes flujos de información que se presentan. Estos agentes se caracterizan porque viajan a través de Internet y se encargan de manejar y coleccionar

información coherente y precisa de diferentes ambientes o de uno solo, según sea su programación y necesidad.

- **Agentes reactivos:** Este tipo de agentes son los que responden ante estímulos y generan respuesta en el entorno en que se desenvuelven.

- **Agentes híbridos:** Estos agentes son especiales, en ellos se pueden describir dos filosofías, esto es, que pueden poseer las características de dos tipos de agentes creando uno único que le permite desarrollar las dos tareas a la vez con mayor eficiencia y dominio.

- **Agentes heterogéneos:** Son aquellos pueden manejar diferentes tipos de agentes y además, tener en su arquitectura agentes híbridos.

Con la implementación de este proyecto, se pretende comprobar la confiabilidad y eficiencia en la aplicación del caso de uso, siguiendo un enfoque orientado a agentes.

2.3 SISTEMAS MULTIAGENTES

Los agentes en un sistema abierto, se crean en la mayoría de los casos, para que tengan la capacidad de trabajar en un medio compartido, aprendiendo, colaborando y razonando acerca del ambiente en el que se desenvuelven, por esta razón, en un sistema abierto no se puede hablar de un solo agente, sino de múltiples agentes actuando conjuntamente para lograr sus objetivos. De esta manera se llega al término que encierra este tipo de relaciones entre agentes y que se conoce como “Sistema Multiagente”, el cual se puede entender como un conjunto de entes capaces de interactuar en un entorno común²⁰, gracias a las características que poseen y los comportamientos que manejen.

Un sistema basado en agentes o sistemas Multiagentes “MAS” es aquel en el que el nivel de abstracción utilizado es el agente y que para su representación e implementación se han definido metodologías, modelos y herramientas.

²⁰ GARCIA, Alonso Daniel. PAVÓN MESTRAS, Juan. Introducción al estándar FIPA, Departamento

3. METODOLOGÍAS DE SISTEMAS MULTIAGENTES

3.1 MESSAGE (Methodology for Engineering Systems of Software Agents)

En esta metodología²¹, la organización se caracteriza como una entidad control y una estructura de flujos. Su diseño puede ser modelado mediante UML, es decir, definen una técnica de modelado específico mediante la cual el lector debe desarrollar su modelo. Un agente debe tener conocimiento del ambiente en el

de sistemas Informáticos y Programación

²¹ CAIRE, Giovanni. LEAL, Francisco y RODRÍGUEZ, Joao. MESSAGE: methodology for Engineering Systems of Software Agents, Septiembre 2001.

cual está interactuando, debe ser capaz de cumplir los objetivos y tareas para lo cual fue creado y puede desarrollar acciones que afecten a los objetos del medio; los roles son definidos como las acciones que deben cumplir o llevar a cabo los agentes.

Sus autores proponen el análisis y diseño del SMA desde cinco puntos de vista:

- Organización: Captura la estructura global del sistema.
- Tareas / Objetivos: Determinan la funcionalidad del SMA y sus agentes en términos de los objetivos que persiguen y las tareas implicadas en el proceso.
- Agente: Contiene una descripción detallada y extensa de cada agente y rol dentro del SMA.
- Dominio: Representa el almacenamiento de la información.
- Interacción: Maneja las interacciones a distintos niveles de abstracción.

3.2 MAS-CommonsKADS

MAS-CommonKADS es una metodología desarrollada por Carlos Angel Iglesias en su tesis doctoral: *“Definición de una Metodología para el Desarrollo de*

*Sistemas Multiagentes*²², y fusiona las tecnologías KADS (Knowledge Acquisition and Documentation System) y la orientada a objetos.

Extiende el modelo de *CommonKADS* adhiriendo técnicas de metodologías orientada a objetos. Define sus modelos desde un punto de análisis y su proceso de desarrollo software sigue un ciclo de vida dirigido por riesgos y basado en componentes. La metodología se desarrolla a través de la construcción de siete modelos:

- *Modelo de Agente*, que describe las características de cada agente, el *Modelo de Tarea*, que describe las tareas realizadas por los agentes.
- *Modelo de la Experiencia*, que representa el conocimiento que necesitan los agentes para llevar a cabo los objetivos encomendados.
- *Modelo de Coordinación*, que describe las relaciones que se deben llevar a cabo entre los agentes software.
- *Modelo de Comunicación*, que describe las relaciones pertinentes que deben realizarse entre los agentes humanos y los agentes software.
- *Modelo de Organización*, que describe las relaciones estructurales entre los agentes.

²² IGLESIAS, C. Tesis Doctoral: Definición de una Metodología par el desarrollo de Sistemas Multi-agente, Departamento de Ingeniería de Sistemas telemáticos, Universidad Politécnica de Madrid.

- *Modelo de Diseño*, el cual mejora la conceptualización de los modelos mencionados anteriormente y define la arquitectura de agentes y la infraestructura de red que deben tener los agentes.

3.3 GAIA II

A causa de la desigualdad entre los conceptos usados por los diseñadores en orientación a objetos y agentes, en particular en el comportamiento flexible de los agentes, su comportamiento autónomo, sus numerosas interacciones y su complejidad en las estructuras organizacionales, así como la necesidad de interactuar en sistemas abiertos debido a la creciente evolución tecnológica y a la importancia de una información pertinente y relevante²³, se llegó a la implementación de la metodología Gaia II en este proyecto, ya que ésta se centra principalmente en el análisis y diseño de sistemas basados en agentes, luego de realizar un largo proceso de abstracción y estructuración del mundo real dirigido a los procesos de negocios.

La metodología Gaia II surge como mejora de Gaia I, ésta evolución fue realizada en el año 2003 por Michael Wooldridge, Franco Zambonelli y Nicholas R.

²³ WOOLDRIGE, Michael. ZAMBONELLI, Franco y JENNINGS, Nicholas R, Developing Multiagent System: The Gaia Methodology, Departmente Of Computer Science, University Of Liverpool, 2003

Jennings²⁴. En ella se siguen manejando dos grandes conceptos de Gaia I que son: *abstractos* y *concretos*, donde las **entidades abstractas** (roles, responsabilidades, permisos, protocolos, etc.) se emplean durante el análisis para la conceptualización del sistema y *las entidades concretas* (tipos de agentes, servicios y conocimientos) son utilizadas en el proceso de diseño. También, se basa en dos aspectos de diseño que son el nivel macro (sociedad) y el nivel micro (agentes).

Para Gaia II, la entidad más abstracta es el sistema donde éste se encuentra relacionado con la idea de “sociedad” u “organización”. Al tomar un sistema como una sociedad, se crea claramente una perspectiva jerárquica en la que se designan *roles* según su correspondencia. Un rol es observado como una descripción abstracta de una función que se espera de una entidad, a su vez es definido por cuatro atributos: responsabilidades, permisos, actividades y protocolos.

Su nueva estructuración se refleja en la subdivisión de capas de abstracción del sistema, en las que se define una estructura organizacional, un modelado del ambiente y reglas organizacionales que hacen que esta metodología permita la interacción de agentes en sistemas abiertos, dinámicos y complejos.

²⁴ WOOLDRIGE, Michael. ZAMBONELLI, Franco y JENNINGS, Nicholas R, Developing Multiagent System: The Gaia Methodology, Departmente Of Computer Science, University Of Liverpool, 2003

3.4 COMPARACION ENTRE METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS MULTIAGENTES

En la Tabla 1 se presenta la comparación entre tres metodologías creadas para el desarrollo de sistemas multiagentes, resaltando la propuesta de interacción entre sistemas abiertos, autónomos y complejos y el uso de notaciones para la implementación de los agentes en cada una de ellas.

Tabla1 Comparación de metodologías de sistemas multiagentes

MAS-CommonKADS	GAIA II	MESSAGE
-----------------------	----------------	----------------

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite la interacción de los agentes en un sistema autónomo, dinámico y distribuido. ➤ Define un lenguaje de diseño para explicar los componentes empleados en un agente, lo cual puede ser muy complicado para una arquitectura multiagente desarrollado en grupos de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Maneja una notación o formalismos que le permite capturar la información de manera fácil y comprensible basándose en expresiones coherentes que ayudan a disminuir el nivel de ambigüedad e inconsistencia. ➤ Se basa principalmente en la obtención de un modelo detallado y concreto gracias a la abstracción del sistema en el mundo real, que en la implementación del sistema multiagente como tal. ➤ Como su principal característica es aplicable a la herramienta tecnología que el usuario maneje, sus objetivos se basan en una abstracción detallada del mundo real. Al no guiar al lector puede crear inseguridad en su forma de aplicabilidad y poco atractiva para su utilización. ➤ Como gran fortaleza, permite la creación o adopción de una estructura jerárquica que permite asemejar el sistema con el mundo real, por medio de esta estructura define con mayor certeza las 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Provee un lenguaje, un método y unas guías de cómo aplicar la metodología, centrándose en las fases de análisis y diseño y lanzando ideas sobre el resto de etapas como implementación, pruebas e implantación. ➤ Incorpora técnicas de desarrollo de software, aunque su aproximación o implementación de dicha fase no es muy fuerte. ➤ Maneja herramientas específicas para su desarrollo lo cual puede causar molestias o facilitar su entendimiento según el grado de conocimiento y entendimiento del diseñador. ➤ Esta metodología no esta direccionada a una identificación y especificación de reglas organizacionales debido a que estas se consideran como intrínsecas en el
---	---	--

	<p>acciones y tomas de decisiones mediante la definición de controles y jerarquías, debido a que se basa en una reglas organizacionales que permiten determinar las acciones de los agentes en el sistema.</p> <p>➤ Permite su aplicabilidad al mundo real, debido a que permite al agente interactuar en un ambiente de forma dinámica y abierta.</p>	<p>sistema, lo cual conlleva a la falta de reconocimiento de un diseño de estructura organizacional.</p> <p>➤ No permite a sus agentes actuar en un ambiente abierto y dinámico, por falta de una estructura organizacional.</p>
--	--	--

Fuente: Autores del Proyecto

En base a las comparaciones anteriores, la metodología elegida para la elaboración de este proyecto es Gaia II, sumado a esto, deja a criterio del desarrollador el uso de notaciones y lenguajes de representación del sistema en cada uno de los modelos propuestos.

3.4.1 ARQUITECTURA DE LA METODOLOGÍA GAIA I

Gaia II se basa en cuatro fases, que permiten modelar la interacción del sistema multiagente como un sistema abierto, dinámico y flexible²⁵: Estas fases son:

²⁵ WOOLDRIGE, Michael. ZAMBONELLI, Franco y JENNINGS, Nicholas R, Developing Multiagent System: The Gaia Methodology, Departmente Of Computer Science, University Of Liverpool, 2003

- **Colección de Requerimientos:** En esta etapa se lleva a cabo una abstracción de requerimientos y funcionalidades que debe suplir el sistema.

- **Fase de Análisis:** Su objetivo principal es organizar la colección de requerimientos y especificaciones del sistema dentro de un modelo ambiental, roles preliminares y modelo de interacciones, y un conjunto de reglas organizacionales. Se lleva a cabo la primera visualización del ambiente, donde se especifica el sistema en términos de los actores involucrados donde se realiza:
 - **Subdivisión del sistema en sub-organizaciones:** Las sub-organizaciones permiten la concentración en áreas definidas, lo cual disminuye la complejidad del sistema y facilita la comprensión del rol en el subsistema. Esto es tomar las acciones del sistema en el mundo real (un todo) y clasificarlas de tal manera que nos permita agruparlas en términos de acciones (pequeñas o seccionadas) con comportamientos similares que nos permitan tener una visión mas clara y precisa del modelo a trabajar.

Modelado del ambiente: Debido a las diferentes aplicaciones que surgen de múltiples ambientes, su naturaleza e interpretación cambian. Para solucionar este inconveniente Gaia II trata el ambiente en términos de *abstracción de recursos computacionales*, estas variables o recursos hacen al agente capaz de sentir el

ambiente, consumir del ambiente y cambiar el ambiente. Se crean reglas en las que se establecen los permisos que se pueden llevar sobre dicho ambiente.

Lee VAR1 // recurso del sistema

Cambia Var3 // variable que puede cambiar el agente

Nota: Cabe destacar, que las interacciones que se den entre dichos agentes del sistema multiagente son tomadas como recursos.

- **Modelo de roles preliminares:** En este modelo no se tiene una definición formal ni un diseño del estado actual de la organización. Lo que en el se especifica es una primera abstracción o construcción de roles donde se tiene en cuenta las subdivisiones y reglas que se crearon en pasos anteriores, y se especifican las tareas y actividades asociados a éste para llevar a cabo los objetivos embebidos en el. Además, se especifican las responsabilidades asociadas a este, estas responsabilidades son los atributos que determinan el comportamiento del rol y se dividen en dos:

Propiedades de vivacidad: son aquellas que en condiciones óptimas debería desarrollar el rol. En estas propiedades se escriben las actividades y protocolos de debe implementar el rol en orden de ejecución, utiliza una

notación especial en caso de especificación de actividades o protocolos.

Estas son especificados en la Tabla 2.

Tabla2 Operadores de Gaia II

Operador	Interpretación
x,y	x es seguida por y
$x y$	Ocurre x o y
x^*	x ocurre 0 ó mas veces
w x ,	x ocurre indefinidamente
$[x]$	x es opcional
$x y$	x y y paralelamente

Fuente: Gaia II

Los componentes atómicos de una expresión de vivencia están conformados por actividades o protocolos. Una actividad se puede considerar como un método en términos orientados a objetos, estas actividades corresponden a una acción que desarrolla una agente y que no involucra la interacción con otro agente. Los

protocolos son actividades que requieren la interacción de dos agentes en un ambiente. En esta metodología los protocolos se escriben en mayúscula inicial y unido, las actividades son representadas al igual que los protocolos y se colocan subrayadas. Para unir estas responsabilidades (protocolos-actividades) se coloca un punto que ayuda a diferenciar protocolos y actividades.

Ejemplo:

Comprador = (RealizarOferta.HacerProyecciones)⁺ ,

Propiedades de seguridad: Todos los permisos que son atribuidos al rol, se especifican en una lista de predicados. En la Tabla 3, se describe el esquema de un modelado de roles, en que se describe el comportamiento de un rol específico.

Tabla 3 Esquema del modelo de roles

Esquema del rol	Nombre del rol
Descripción	Una corta descripción del rol
Protocolos y actividades	Protocolos y actividades en los cuales el rol participa.
Permisos	los derechos asociados con el rol
Responsabilidades	
<ul style="list-style-type: none"> • viveza 	propiedades de viveza

• seguridad	propiedades de seguridad
--------------------	--------------------------

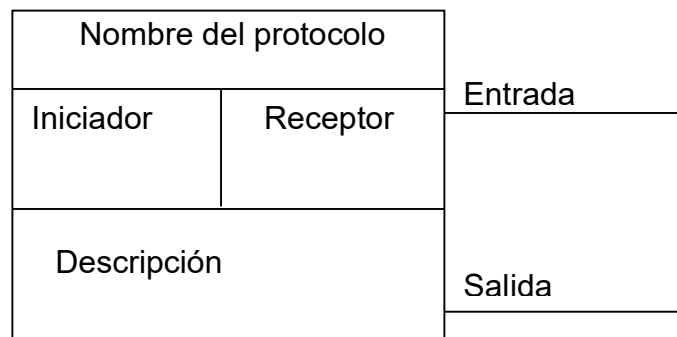
Fuente: Gaia II

- **Modelo de interacción preliminar:** Este modelo captura las dependencias y las relaciones entre varios roles, esto lo hace a través de la definición de protocolos. Estos protocolos se organizan según su secuencia y se relacionan con una flecha cuando el resultado del protocolo anterior interviene en la entrada de protocolo siguiente.

El formato que se utiliza para la definición del protocolo consta de:

- El nombre del protocolo: que debe ir acorde con la tarea que va a desempeñar.
- *Iniciador:* nombre del rol el cual es el encargado de comenzar la interacción.
- *Receptor:* nombre del rol que recibe la interacción o con el cual debe interactuar el rol iniciador para lograr su objetivo.
- *Entradas:* datos que el rol iniciador suministra a la interacción.
- *Salidas:* datos obtenidos al finalizar la interacción y que recibe el rol iniciador como respuesta del receptor.
- *Descripción:* es una breve especificación del propósito que se presenta para que se lleve a cabo la interacción entre los roles.

Figura2 Formato de protocolos en Gaia II



Fuente: Gaia II

- **Reglas organizacionales.** En ellas se expresan las prohibiciones de la ejecución de las actividades de los roles y protocolos. Estas son las responsabilidades de organización, las cuales son coherentes con la de las responsabilidades de los roles y se dividen en:

Las reglas de Viveza: se definen como lo dinámico de la organización que podrían suceder en el tiempo.

Las reglas de seguridad: son aquellas que se definen como independientes del tiempo e invariantes que deben ser respetadas para llevar a cabo una tarea.

Dichas reglas organizacionales pueden expresarse mediante la adopción de un formalismo. Las reglas de viveza pueden expresarse como:

- $R \rightarrow Q$: Especifica que el rol Q puede ser jugado por una entidad únicamente si ésta ha jugado el rol R.
- $R^3 \rightarrow Q$: Especifica que el rol Q puede ser jugado por una entidad después de que haya jugado anteriormente en tres tiempos el rol R.

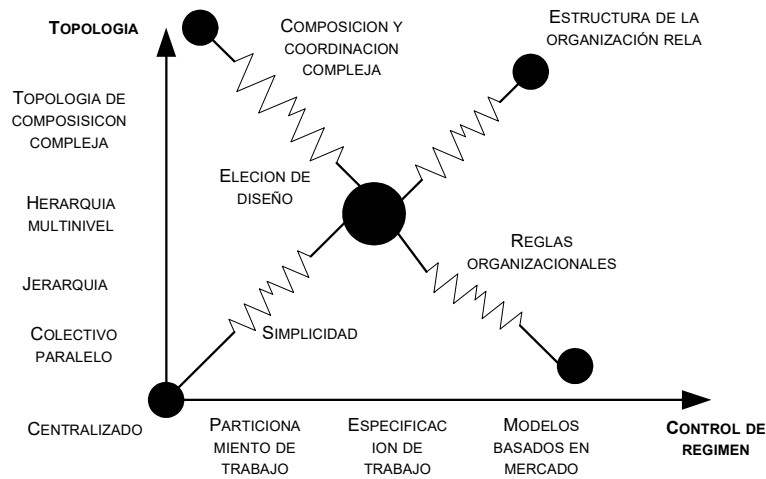
Las expresiones seguidas por las reglas organizacionales detallan las propiedades que deben ser siempre verdaderas durante el ciclo de vida del MAS:

- $\neg (R \mid Q)$: Representa que dos roles R y Q no pueden ser jugados simultáneamente por alguna entidad (Recordar que el operador “|” significa simultaneidad de actividades).
- $\neg ((R \mid 0) \mid (Q \mid 0))$: Especifica que dos roles R y Q nunca pueden ser jugados solos, una entidad debe ejecutar los dos roles concurrentemente.
- $R^{1..N}$: Dice que el rol R debe ser jugado siempre más de una vez y menos de N veces.

Similarmente, estas reglas organizacionales de viveza y seguridad pueden ser impuestas a los protocolos. Por ejemplo:

- P^1 : El protocolo debe ser ejecutado una única vez.
 - $P(R1)^1$: El protocolo debe ser ejecutado solo una vez por el rol R1.
-
- Diseño arquitectónico. De la fase de análisis se obtiene una primera documentación de las características funcionales y algunas extensiones no funcionales, unidas con las características del ambiente en el cual será situado el sistema. En esta fase se determinan los roles e interacciones organizacionales y se define un estructura organizacional, basándose en los resultados obtenidos en la fase anterior.

Figura 3. Fuerzas involucradas en la identificación de la estructura organizacional



Fuente: Gaia II

- **Estructura organizacional.** En esta sub-fase se define la estructura de la organización, por lo cual es considerada como una de las fases mas críticas par el desarrollo de cualquier Sistema multiagentes y que además, afecta el desarrollo de las fases siguientes.

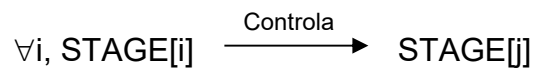
Esta estructura es afectada por diferentes fuerzas o campos que pueden ser visualizados en la figura3, en la que se muestran los tipos de fuerzas que actúan en la toma de decisiones de un diseñador para la creación de la estructura organizacional. Estas fuerzas reflejan la necesidad de implementar una estructura eficiente, el respetar unas reglas organizacionales y minimizar la distancia entre el sistema con la organización del mundo real.

Para llegar a esta fase se necesita de una previa elaboración de reglas y modelos preliminares de roles e interacciones, que permiten crear una estructura organizacional que se define con base a la búsqueda de obtener la mayor eficiencia y simplicidad del sistema, por medio de la influencia de mundo real, en la parte estructural se define la topología que se debe seguir, el grado de la relación entre roles, estos pueden ser: **de dependencia**, donde un rol cree que por medio de otro rol puede alcanzar su objetivo; **de control**, autoridad de un rol sobre otro (en la cual un rol puede parcialmente controlar las acciones de otro); **de colección de pares**, donde los dos roles tienen el mismo estado. Aquí, también se crea un régimen de control, donde se especifican según las reglas creadas anteriormente, las actividades de cada rol y que deben ser respetadas durante su ejecución en el sistema. Para cada rol se debe analizar cada una de las fuerzas descritas en la figura 3. Con estas fuerzas se puede llegar a optar una jerarquía muy aproximada y favorable para el sistema, ya que permiten valorar las relaciones y complicaciones, analizando los costos que acarrearía la postura de una jerarquía por niveles o paralela y el grado de complejidad con respecto a dichos costos. Esto se compara con la administración de una empresa en la cual la junta directiva de socios estudia cada uno de los casos que van a manejar y la forma más óptima de

llevar a cabo su misión, que les permita cumplir sus objetivos y los lleve a optimizar sus procesos en relación costo-beneficio para alcanzar su visión.

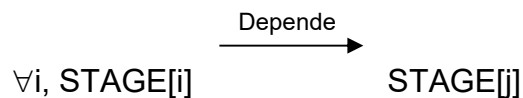
La representación de esta fase del modelo se determina tras la adopción de una notación formal y una gráfica representativa. En Gaia II dicha notación hace referencia a las relaciones que ocurren frecuentemente en las organizaciones de sistemas multiagentes, este tipo de relaciones fueron explicadas anteriormente y son:

- De control. Que es representada como:



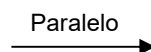
Se lee como toda i que pertenezca al estado i controla al estado j

- De Dependencia: descrito como:



Se expresa como todo i del estado i depende del estado j.

- De par o paralelismo. Esta visualizada como:



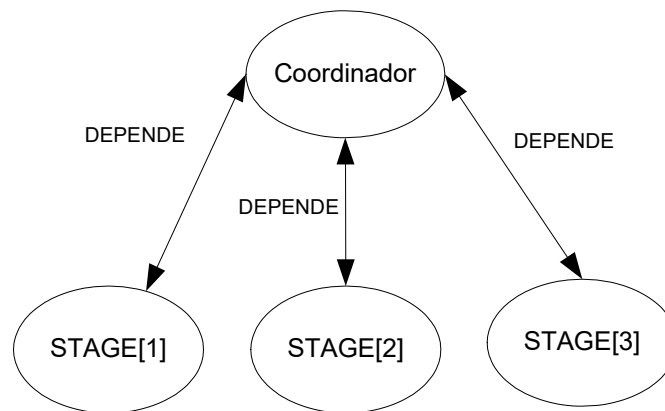
$\forall i, j \text{ s.t. } i \neq j, \text{ STAGE}[i]$

$\text{STAGE}[j]$

Donde i es un estado que trabaja en paralelo con el estado j.

De una manera gráfica se puede representar como:

Figura 4: Representación jerárquica de la organización en Gaia II



Fuente: Gaia II

- **Modelo de Roles e Interacciones Organizacionales:** Una vez definidas las reglas organizacionales, su estructura organizacional y los regímenes de control, podemos obtener una mejor definición de los roles e interacciones del sistema, permitiendo así: la definición de todas las actividades en las cuales se verá involucrado el rol, con sus responsabilidades de vivencia y de seguridad; una definición global de los roles e interacciones

organizacionales que se derivan de la adopción de una estructura organizacional; una mejor complementación de los protocolos requeridos por la aplicación y los roles que los activan.

- **Diseño Detallado:** Se especifican los agentes y servicios necesarios para el funcionamiento de los roles y protocolos en el sistema multiagente.
 - **Modelo de Agentes:** Para metodología la Gaia II un agente es una entidad activa de software que juega un conjunto de roles. Así, se crean las clases de agentes pertinentes que constituirá el sistema y que llevará a cabo cada uno de los roles detallado en la fase de arquitectura de diseño descrita en la Sección 3.4.1.

Este modelo es definido utilizando un simple diagrama o notación, especificando los roles que van a ser llevados a cabo por cada agentes en el sistema. En la Tabla4, se presenta la notación que permite determinar la cantidad de agentes que estarán ejecutándose en un intervalo de tiempo en el sistema.

Tabla 4 . Definición de instancias de un agente en el tiempo.

Cantidad de instancias de un agente	Descripción
N	Define que serán n agentes que se crearán durante el tiempo de ejecución.
M...n	Serán no menos de m y no más de n agentes ejecutándose en el tiempo (m<n).
*	Son cero o más instancias ejecutándose en el tiempo.
+	Una o más instancias en el tiempo

Fuente: Gaia II

Una notación lógica es representada de la siguiente manera:

Agente Aⁿ → Jugará rol Comisionista X

- Modelado de Servicios:** Se definen los servicios asociados a cada clase de agentes y cada servicio necesario por un agente sea diferente a los demás. Éste, debe documentar sus propiedades, esto es: entradas, salidas, precondiciones y poscondiciones. Las entradas y salidas se derivan de los protocolos y las pre y pos condiciones representan las prohibiciones de la ejecución de los servicios que derivan del modelado de roles (propiedades de seguridad y las reglas organizacionales).

- **Implementación:** En esta fase se lleva a cabo la implementación del sistema.

4 CONFIANZA COMPUTACIONAL

A diario, es común emplear el término confianza para hacer referencia a algo o alguien en quien se tiene seguridad que actuará coherentemente con lo que piensa sin obrar de manera que pueda perjudicar nuestros intereses o expectativas. En estos términos, se podría afirmar que generalmente confiamos en nuestros padres, amigos, maestros etc.

Así mismo, en un sistema abierto, los agentes tienen la necesidad de interactuar con otros para minimizar la incertidumbre que producen los cambios en el ambiente o entorno que los rodea, pero necesitan confiar de manera recíproca entre ellos para alcanzar un beneficio mutuo.

Desde este contexto, la confianza computacional ha recibido múltiples definiciones, entre las cuales se encuentra la dada por Andrew Patrick "*La condición en la cual alguien exhibe el comportamiento que lo hace vulnerable a otro, no bajo su control*"²⁶. Así mismo, Josan afirma que la confianza "es un creencia, donde las medidas de creencias se convierten en las medidas de

²⁶ PATRICK, Andrews S. Building Trustworthy Software Agents, National Research Council of Canada, diciembre 2002.

confianza"²⁷ . Por otra parte, Tyrone Grandison y Morris Sloman sostienen que la confianza es" *una relación subjetiva compleja de creencia en la honestidad, competencia, verdad, etc*"²⁸ .

Finalmente, la definición hecha por Castelfranchi, la cual es tomada en cuenta como base para este trabajo, presenta a la confianza como "*un estado mental, una actitud compleja de un agente X hacia otro agente Y acerca del comportamiento o acción l relevante para conseguir el resultado (meta) g* "²⁹. Es decir, cuando se deposita confianza en un agente A es porque se cree que éste puede llegar a cumplir con alguna tarea importante para quien la solicita (por ejemplo: un agente B) y bajo ninguna circunstancia, el agente A va a actuar de manera que pueda perjudicar los intereses del agente B. Un agente cognitivo (el agente B) es quien puede delegar confianza, escogiendo de manera subjetiva cuánto va a creer en el otro (el agente A), basándose en sus experiencias pasadas y en su conocimiento. Cuando B decide delegar la ejecución de cierta acción al agente A puede correr muchos riesgos, por ejemplo: A puede llegar a perder el objetivo o tarea que está buscando para B, o puede ver enfrentados sus propios intereses y abandonar las tareas de B o simplemente no resulta ser tan ágil como se esperaba. Es aquí donde cobra importancia el análisis que B haya realizado de A, así como la reputación que este último tenga, para decidir el grado de confianza que se le va a

²⁷ JOSANG, A. An Algebra For Assessing Trust In Certification Chains. The Internet Society, 1999.

²⁸ GRANDISON, Tyrone y SLOMAN, Morris. A Survey Of Trust In Internet Applications, Junio 2001

²⁹ CASTELFRANCHI, Cristiano y RINO, Falcone. Principles of Trust for Mas : Cognitive Anatomy, Social Importance, and Quantification, Division of "AI, Cognitive Modeling and Interaction",

depositar (se puede creer firmemente en él (alto grado de confianza), o por el contrario se puede confiar de manera muy débil).

4.1 CONFIANZA Y REPUTACIÓN

La reputación y la confianza son dos términos altamente relacionados, por lo que frecuentemente se tienden a confundir, sin embargo, la reputación hace referencia, según lo descrito por Mui y Phil, a *“la percepción que un agente tiene de las intenciones y las normas de otro”*³⁰. Sabater y Sierra describen la reputación como *“la percepción de un grupo o grupos de agentes en la sociedad acerca de sus habilidades y atributos”*³¹. Finalmente, Jonathan Carter y Ali Ghorbani estudian la reputación como *“la estimación general tomada por un público acerca de un individuo en cuestión”*³².

La reputación, en forma general, se obtiene por las mediciones que se han hecho de las acciones de un agente, y el grado de satisfacción que ha dejado al usuario (o al agente) al entregar un resultado esperado.

Así como ocurre en la sociedad, la reputación que tengan los agentes, ayuda a marcar diferencia en la cantidad de confianza que se le deba depositar.

³⁰ MUI, Lik y PHIL, M. Computational Models of Trust and Reputation: Agents, Evolutionary Games, and Social Networks, 2002

³¹ SABATER, J. SIERRA , C. REGRET: A Reputation Model For Gregarious Societies. 2002.

4.2 MÉTRICAS DE CONFIANZA

Las métricas de confianza representan la cuantificación de los conceptos de confianza de un agente³³, es decir, son las reglas, escalas y fórmulas aplicadas a los comportamientos de los agentes que permiten medir numéricamente su desempeño en un sistema. Existen muchos modelos que describen e implementan las métricas, los cuales se estudiarán en la sección 4.4.2

4.3 MODELOS DE CONFIANZA

Al hablar de sistemas multiagentes, el grado de confianza que un agente le otorgue a otro, y la respuesta que este último entregue, puede determinar en gran parte el éxito de grandes y complejas operaciones, por esta razón se hace necesario estudiar, modelar y medir muy detalladamente la seguridad depositada entre los agentes, por medio de los modelos de confianza. En la actualidad existen diversos modelos, cada uno con características y postulados diferentes. Al estudiarlos y al realizar comparaciones entre ellos se pueden resaltar ciertas particularidades de cada uno los cuales se describen a continuación:

³² CARTER, Jonathan. y GHORBANI, Ali A. Towards a Formalization of Trust, University of New Brunswick Fredericton

³³ JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

4.3.1 PRINCIPLES OF TRUST FOR MAS : COGNITIVE ANATOMY, SOCIAL IMPORTANCE, AND QUANTIFICATION

Modelo desarrollado por Cristiano Castelfranchi y Rino Falcone³⁴, en el cual resaltan las características que un agente debe tener para lograr confiar en otro. Aseguran que sólo un agente que tenga capacidad cognitiva y que posea ciertas creencias y objetivos puede “confiar”, ya que la confianza es un estado mental en el cual un agente cree en las capacidades de otro para alcanzar cierta meta.

Entre las creencias que un agente debe poseer, exponen las siguientes:

- Creencia en la competencia: un agente x concluye que el agente y resulta útil para lograr su meta, es decir, y puede apoyar a x en la consecución de determinada tarea.
- Creencia en la disposición: x cree que y no sólo resulta útil para realizar una función específica, sino asegura que la va a realizar si x llegara a pedírselo.
- Creencia en la dependencia: cuando se delega una tarea a y , el agente x puede depender completamente de la ejecución de y o puede llegar a concluir que le resulta más favorable confiar en él que no hacerlo.

- Creencia en el cumplimiento: el agente x cree que la meta g va a ser alcanzada.

Así mismo, resaltan los riesgos y las pérdidas que un agente puede tener al depositar su confianza en otro. Básicamente, presentan dos riesgos:

-El riesgo a fallar en el alcance de la meta.

-El riesgo a no sólo perder la meta, sino también a perder la inversión que se realizó.

Contribuciones: Cabe destacar que este modelo se enfoca en el estudio social y psicológico de los agentes y en el análisis de los comportamientos de éstos, los cuales se basan en el entorno donde se desarrollan. Enfatizan en la importancia de una vista cognitiva de la confianza frente a una mera vista cuantitativa, lo cual le agrega profundidad al estudio de los agentes.

Desventajas: Su modelo es fuertemente motivado por las actuaciones humanas, las cuales no siempre son acciones racionales para un agente. Por ejemplo, suponen que un agente x no tendrá mejor opción que realizar las tareas que le delegue, sin importar el beneficio propio que pueda traerle, lo cual no siempre

³⁴ CASTELFRANCHI, Cristiano y RINO, Falcone. Principles of Trust for Mas : Cognitive Anatomy, Social Importance, and Quantification, Division of "AI, Cognitive Modeling and Interaction".

funciona en sistemas multiagentes abiertos, los cuales se caracterizan porque los agentes buscan ganancias para ellos mismos, sin importarles su entorno social.

4.3.2 AN ADAPTIVE SOCIAL NETWORK FOR INFORMATION ACCESS: THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESULTS

Desarrollado por Bin Yuy, Mahadevan Venkatraman, and Munindar P. Singh³⁵, este modelo se basa en el estudio de las redes sociales. Los autores afirman que cuando un agente no tiene conocimiento acerca de otro, puede hacer uso de una red social para obtener dicho conocimiento, es decir, si un agente entra a un sistema determinado puede preguntar a los demás acerca de alguien específico hasta encontrar a un agente que conozca sobre el comportamiento del individuo en cuestión. De esta manera se crea una red en la que cada participante puede dar su opinión acerca de los demás, haciendo uso de la reputación.

En el desarrollo de su trabajo, los autores modelaron una red en la cual se hacía uso de grafos que indicaban la forma en la cual viajaba la información, teniendo en cuenta que cada agente perteneciente a dicha red preservara la autonomía y privacidad del usuario. También describen que los agentes aprenden de manera heurística por lo cual la calidad de la red se ve mejorada con cada interacción,

alcanzando su máxima calidad cuando los actores adquieren conocimientos en términos de sociabilidad y maestría (habilidad para producir las respuestas correctas sobre un tema). Finalmente aseguran, que antes de realizar cualquier interacción es necesario hablar con personas cercanas a su círculo social para obtener la mejor información.

Contribuciones: Agrega información obtenida de las referencias de los demás agentes cuando la información directa de un agente x es inexistente. Es uno de los modelos más relevantes acerca del estudio y la aplicación de la reputación.

Desventajas: No tiene en cuenta el hecho que un agente puede mentir acerca de las calificaciones dadas al otro agente; suponen que todos los agentes que se encuentran en la red dicen la verdad y no existen medidas para cuantificar las posibles desviaciones de confianza en la apreciaciones de los actores.

4.3.3 TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEMS

Nicholas Jennings, Dong Huynh y Sarvapali Ramchurn³⁶ han descrito la manera en que interactúan los agentes con otros en un sistema abierto. Teniendo en

³⁵ BIN, Yuy. MAHADEVAN, Venkatraman, y MUNINDAR, Singh. An Adaptive Social Network for Information Access: Theoretical and Experimental Results Department of Computer Science North Carolina State University

³⁶ HUYNH T., Dong. JENNINGS, Nicholas R. y SHADBOLT, Nigel R. Fire: an Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems, 2003

cuenta que en un sistema multiagente participan agentes de diversos tipos, los cuales presentan características contrarias (honestos, deshonestos), éstos deben seleccionar muy bien, cómo, cuándo y con quién interactuar en un momento determinado. Para esto proponen dos vías o niveles:

Nivel individual: “Permite a un agente razonar acerca del nivel de confianza que tiene en sus oponentes” . En este escenario el agente se encuentra en un determinado sistema, rodeado por más agentes que desean interactuar con él y tiene que elegir entre todos en quien va a confiar y con quien va a actuar, por lo tanto puede hacer uso de tres modelos:

- *Modelo de aprendizaje y evolución:* el agente aprende a confiar en otros, interactuando de manera directa con los demás, apoyándose en estrategias individuales para maximizar sus ganancias y minimizar los riesgos de perder. En este modelo, analizan diferentes estrategias que los agentes toman para alcanzar sus objetivos, por ejemplo: aquellas en la que los agentes aprenden de los movimientos de otro agente, o en la que actúan deshonestamente en sus primeras interacciones para ir conociendo el ambiente. Se resalta la importancia de las métricas para medir la confianza en los agentes.

- *Modelo de reputación:* el agente basa su confianza en las experiencias pasadas y opiniones que los demás tengan de determinado agente. Este modelo es útil cuando hay un gran número de agentes interactuando.
- *Modelo socio-cognitivo:* el agente analiza y razona acerca de las características y creencias de los demás agentes para determinar qué tanto puede confiar en ellos.

En términos generales, lo que se pretende lograr con el Nivel Individual, es guiar a los agentes a tomar decisiones acerca de cómo, cuándo y con quién deben interactuar.

Nivel de sistema: “Le ayuda a un agente a asegurarse que las acciones de sus oponentes sean confiables”. Este nivel permite crear reglas y protocolos para asegurar que los agentes entreguen información verdadera entre ellos. De igual manera, se deben establecer mecanismos de seguridad, tales como las autenticaciones, para evitar que agentes corruptos alteren el funcionamiento de los sistemas. Específicamente, hacen parte de este nivel tres modelos:

- *Protocolos de confianza:* En este modelo se crean reglas y protocolos que determinen las interacciones de cada agente.
- *Mecanismos de reputación:* Este modelo permite el establecimiento de entidades públicas, centralizadas o distribuidas para que la información sobre la reputación de cada agente pueda ser accesada y conocida por

cualquier otro agente del sistema, ya que en los modelos de reputación no se tiene en cuenta cuando un agente miente acerca de la reputación de otro, y cuándo uno de ellos quiere obtener información acerca de otro, tiene que preguntar la opinión de cada agente. Para evitar esta situación se crean estos mecanismos de reputación.

- *Mecanismos de seguridad:* Con la construcción de este modelo se busca conseguir integridad en el sistema, verificando que los agentes sean quien dicen ser, por medio de registros, validaciones, canales privados, entre otros.

En general, con el Nivel del Sistema se pretende forzar a los agentes a que sean honestos en sus interacciones, haciendo uso de los mecanismos mencionados anteriormente.

Contribuciones: A diferencia de los modelos revisados anteriormente, en este trabajo los autores unen el estudio de los niveles de confianza individuales y del sistema. No sólo tienen en cuenta los modelos socio-cognitivo o de reputación, sino también incluyen el estudio de los mecanismos de seguridad, lo cual permite modelar un sistema robusto, en donde se pueda obtener información del ambiente en el que el agente se encuentra, disminuyendo la posibilidad que agentes corruptos ingresen al sistema.

Desventajas: A pesar de incluir un estudio muy completo acerca de los agentes y de resaltar la importancia de las métricas de confianza, la debilidad de este modelo radica en la ausencia de una propuesta concreta de éstas. Por esta razón, los autores desarrollaron posteriormente un modelo de métricas de confianza, en el cual incluyen las reglas y fórmulas que complementan los conceptos formulados en este trabajo.

De acuerdo con el análisis descrito anteriormente, se ha elegido el modelo propuesto por Nicholas Jennings *et.al.* Trust In Multi-Agent Systems para el desarrollo de este proyecto, ya que se ha considerado que la metodología Gaia II resulta completa y adecuada para la implementación del presente caso de estudio, pero, como se mencionó anteriormente, para complementar este modelo de confianza se hace necesario elegir las métricas de confianza adecuadas que midan los conceptos mencionados en el modelo seleccionado.

4.4 APLICACIÓN DE LOS MODELOS Y MÉTRICAS DE CONFIANZA

Cuando se implementa un modelo de confianza en un caso de estudio específico es necesario transformar los conceptos dados en fórmulas y reglas que faciliten el entendimiento y la abstracción de la teoría. Por esta razón, a continuación se presentan algunas características generales sobre la implementación de las

métricas de confianza. Luego se describirán las métricas de confianza contenidas en algunos modelos y se tratarán las seleccionadas para este proyecto.

4.4.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN LOS MODELOS DE CONFIANZA

Nicholas Jennings, Ramchurm Sarvapalli *et.al.* desarrollaron el artículo *Devising a Trust Model for Multi-Agent Interactions Using Confidence and Reputation*³⁷ donde describen conceptos fundamentales en la implementación de métricas de confianza. Según el artículo, en primera instancia se debe tener en cuenta que todos los agentes pertenecen a un conjunto o a una sociedad. Así mismo, es posible que estos mismos agentes pertenezcan a diversos sub-grupos, los cuales hacen parte del conjunto mayor, sin embargo, un agente no puede pertenecer a dos sub-grupos al mismo tiempo. Por ejemplo, en la Bolsa de Valores de Colombia, estos conceptos se ven representados de la siguiente forma:

$A = \{\text{comprador, vendedor, administrador del sistema, administrador del portafolio, informer}\}$

$G1 = \text{Comisionista} = \{\text{comprador, vendedor}\}$

$G2 = \text{Administrador} = \{\text{administrador del sistema}\}$

³⁷ JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

$G3 = \text{Portafolio} = \{\text{administrador del portafolio}\}$

$G4 = \text{Información} = \{\text{informer}\}$

Donde A es el conjunto de todos los agentes que participan en el sistema; $G1, G2, G3$ y $G4$ son los subconjuntos de A . Ningún miembro de un sub grupo G_i puede pertenecer a otro sub grupo.

De esta manera:

- $(G1 \wedge G2 \wedge G3 \wedge G4) \subset A$

Así mismo, un sub-grupo puede adquirir mayor rango o poder que otro, por ejemplo, en el caso de agentes que pertenezcan al gobierno o a juzgados, tendrán mayor influencia en el sistema que aquellos que actúen de manera individual o pertenezcan a empresas pequeñas³⁸. En la Bolsa de Valores de Colombia, el agente que pertenece al sub-grupo *Administrador* es más poderoso que los agentes de los sub-grupos restantes, simplemente porque es un agente que pertenece a una institución reconocida por su transparencia y transacciones honestas; así mismo un *Comisionista* es superior a un agente manejador de su portafolio o de un *Informer*.

Así se tiene:

- $G2 >_p G1, G4$

³⁸ JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

- $G1 \succ_p G3, G4$

Donde G2 es el administrador, G1, G3 y G4 son los sub grupos de los comisionistas, del portafolio y de información respectivamente.

- **Contratos:** Representan acuerdos creados por un agente al interactuar con otro donde se muestran los aspectos trascendentales de la negociación entre ellos. Están formados por un conjunto de tópicos acompañados con su respectivo valor.

Cuando un agente A inicia alguna interacción con un agente B, guarda un contrato con los valores que espera obtener de dicha interacción. Terminado su encuentro, A genera otro contrato indicando los valores o las utilidades obtenidas (pérdidas o ganancias) de esta interacción. Con estos valores, es posible calcular en un futuro el riesgo que puede tener al negociar con B, al medir la diferencia de utilidades (entre las esperadas y las obtenidas), y finalmente, puede deducir si B es confiable para alcanzar sus propósitos.

Por ejemplo, en la Bolsa de Valores los comisionistas realizan contratos para actuar con el administrador del sistema:

$X = \{ \text{Calidad en la oferta seleccionada, Negociaciones efectuadas, Negociación adecuada} \}$

Donde:

- *Negociaciones efectuadas:* se refiere al número de CDT's que el administrador vendió o compró en una rueda y permite intuir el manejo que éste funcionario le dio a cada título de los comisionistas. Dependiendo del número de CDT's negociados, la calificación del administrador puede ser alta o baja.
- *Negociación adecuada:* con este aspecto se mide que el precio de los CDT's que el administrador negoció para el comprador, se reflejara en un ahorro de dinero.
- *Calidad en la oferta seleccionada:* mide que la oferta que el administrador del sistema eligió para vender un determinado CDT sea lo suficientemente acertada y que cumpla con el mínimo precio requerido por el vendedor. Además debe llenar las expectativas del comisionista para que se sienta satisfecho con la negociación. Este aspecto es medido únicamente por el comisionista vendedor.
- *Comprador - Administrador del sistema*
 $O = \{ \text{Pronta respuesta (0.3) = } v, \text{ Información adecuada (0.35) = } v, \text{ Integridad en los datos (0.35) = } v \}$

- *Vendedor - Administrador del sistema*

$O = \{Pronta\ respuesta\ (0.4) =v, Calidad\ en\ oferta\ seleccionada\ (0.6) =v\}$

En este caso, X representa el conjunto de todos los contratos de los agentes del sistema. O es un contrato específico, por lo tanto:

$$X(O) \subset X$$

Cabe aclarar que los pesos dados a cada ítem son subjetivos y se derivan del estudio de las necesidades de los agentes, tanto comprador como vendedor, ya que para un vendedor es más relevante obtener un buen precio por su CDT, mientras que para un comprador es trascendental la información de los CDT's que pueda obtener, así como la integridad en los valores de los CDT's. La suma de los pesos de los ítems debe ser igual a 1 y los valores que obtienen los ítems corresponden a cualquier valor de los números reales y están representados por la letra v .

Como se enunció con anterioridad, los agentes pueden calcular las utilidades obtenidas en cada interacción, para esto, hacen uso de la siguiente fórmula matemática:

$$U^n(O) = \sum_{x \in X(O)} w_x * U^n(V_x)$$

Donde, n es el agente, Wx representa el peso de cada ítem del contrato, cuya suma es igual a 1 (para asegurarse que esta suma se encuentre en un rango entre $[-1,1]$) y Vx el valor dado a cada uno de los ítems del contrato.

- Interacciones históricas : *“Para tratar de predecir el desarrollo futuro de un agente, es necesario analizar las interacciones históricas en términos de las normas y de los resultados pasados”*³⁹. Estas interacciones pasadas están formadas por cuatro aspectos importantes:
 - 1) Las reglas de cada grupo de agentes, ya que pueden variar entre uno y otro.
 - 2) Las reglas organizacionales.
 - 3) El tiempo en el cual se usaron los servicios de otro agente (**ti**).
 - 4) Los contratos creados por el agente, antes y después de interactuar con los demás (O, O'). Los contratos O' difieren de los primeros en el valor de v' el cual es el resultado de la apreciación del comportamiento del agente con el que actuó.

Reuniendo los cuatro enunciados, se tiene:

$$C_i = \langle n, b, O, O', \{U^{n_x}\} x \in X(O), \text{Reglas}(n), \text{Reglas organizacionales}, ti \rangle$$

³⁹ JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

Donde, n representa el agente calificador, b el agente calificado, O los contratos antes, O' los contratos después, U^{nx} representa la utilidad obtenida por el agente n y t_i el tiempo en el cual se realizó la interacción.

Al realizar las interacciones de los comisionistas con el administrador del sistema se debe tener en cuenta que las reglas de cada grupo están contenidas dentro de las reglas organizacionales (según el modelado de Gaia II) , por lo tanto las fórmulas quedarían representadas de la siguiente forma:

- *Comprador - Administrador del sistema*

$C_i = \langle \text{comprador, administrador del sistema, } O = \{\text{Pronta respuesta (0.3) = } v, \text{ Información adecuada (0.35) = } v, \text{ Integridad en los datos (0.35) = } v \}, O' = \{\text{Pronta respuesta (0.3) = } v', \text{ Información adecuada (0.35) = } v', \text{ Integridad en los datos (0.35) = } v', \text{ Utilidades}^*, \text{ Reglas}^{**}, t^{***} \rangle$

- *Vendedor - Administrador del sistema*

$C_i = \langle \text{vendedor, administrador del sistema, } O = \{\text{Pronta respuesta (0.4) = } v, \text{ Calidad en oferta seleccionada (0.6) = } v \}, O' = \{\text{Pronta respuesta (0.4) = } v', \text{ Calidad en oferta seleccionada (0.6) = } v', \text{ Utilidades}^*, \text{ Reglas}^{**}, t^{***} \rangle$

* Las utilidades representan el valor obtenido en la fórmula de utilidades de cada ítem, mencionada anteriormente.

** Las reglas organizacionales son iguales para todos los comisionistas.

*** El tiempo hace referencia a la hora en la cual se prestó el servicio de otro agente, por lo tanto, sólo en el momento de la interacción e tiempo puede ser especificado.

Para cada nueva interacción se empleará la siguiente fórmula, la cual se agrega al historial de interacciones:

$$C_i = \langle CB_{n,b}, \{U^x\} \mid x \in X(O), Reglas(n), t_c \rangle$$

Donde, CB representa el historial de interacciones entre los agentes n y b , t_c el tiempo en el que se realizan las interacciones actuales. Para un mejor entendimiento de esta regla, en el modelo FIRE, presentado en la sección 4.4.3, se implementa detalladamente.

Como las reglas organizacionales no cambian en la Bolsa de Valores, no es necesario agregarlas en cada nueva interacción, sin embargo, en caso de que sean modificadas, es importante adicionarlas al historial para obtener registros exactos sobre el comportamiento de los agentes.

- Confidencia: Hace referencia a algún aspecto que un agente B tiene y que resulta confiable y rentable para A luego de analizar sus interacciones pasadas y de haber medido las utilidades respectivas.

En este orden de ideas, un agente puede calificar la confidencia en términos de buena, mala o regular. Para simplificar el análisis y el estudio de los valores que puede dar un agente a otro, se han establecido diferentes escalas que buscan cuantificar el rendimiento de los agentes⁴⁰.

- Evaluando la confidencia: Para que un agente pueda predecir el comportamiento de otro agente en un futuro, debe analizar sus interacciones en el pasado. Para ello, debe hacer uso de la siguiente ecuación:

$$\Delta U^x = U^x(v') - U^x(v)$$

Donde se obtiene la utilidad real ganada en una interacción x . v' es el valor obtenido y v es el valor esperado.

⁴⁰ JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

4.4.2 Modelos de Métricas de Confianza

En su mayoría, los modelos que analizan la confianza implementan métricas de confianza. A continuación se realiza una breve descripción de las escalas de calificación que algunos trabajos han presentado:

- **Market Based Recommender Systems: Learning Users' Interests by Quality Classification:** [52] Wei Yan Zheng Luc Moreau y Nicholas Jennings presentan un modelo de calificación que analiza la importancia que tiene para los agentes cada interacción (INQ) y la calificación que brindan de acuerdo a la percepción obtenida de una interacción determinada (UPQ). Rango de calificación manejado: $[0,1]$, donde una buena calificación es igual o superior a 0.75.
- **Devising A Trust Model For Multi-Agent Interactions Using Confidence And Reputation**⁴¹: Modelo desarrollado por Nicholas Jennings et.ad en el cual consideran que los agentes poseen pequeños niveles lingüísticos (bueno, regular, malo) que ayudan a medir la confianza y facilitan la comprensión por parte del usuario. Rango de calificación manejado: $[-1,1]$, donde 0.25="regular", 1= "bueno", 0 = "malo". En el rango de $[-1,0]$ los agentes no generan utilidades.

⁴¹ JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

- FIRE: An Integrated Trust And Reputation Model For Open Multi-Agent Systems⁴²: Nicholas Jennings, Dong Huynh y Nigel Shadbolt, desarrollaron este modelo donde se tiene en cuenta la percepción directa de un agente sobre otro, la percepción que los demás han tenido del agente y lo que él mismo pueda decir de su comportamiento.

Rango de calificación manejado: $[-1,1]$, donde -1 = “malo”, 0 = “neutral”, 1 = “bueno”.

De los anteriores modelos donde se aplican métricas de confianza se eligió el modelo FIRE para la aplicación de este proyecto, no sólo porque complementa e implementa los conceptos del modelo seleccionado en la sección 5.5, porque fue desarrollado por los mismos autores de Gaia II y ambos modelos manejan la misma estructura de implementación, sino porque aplica los lineamientos mostrados en la sección 5.6.1, sin embargo, se realizaron ciertas modificaciones a la escala propuesta en FIRE.

Para el presente caso de estudio, se ha usado una escala entre $[-1,1]$, la cual representa los siguientes aspectos:

1. Una muy buena calificación está dada por el intervalo: $[0.5, 1]$
2. Una calificación buena se representa por: $[0.01, 0.49]$
3. Una calificación mala sería: $[-0.49,-0.01]$

⁴² HUYNH T., Dong. JENNINGS, Nicholas R. y SHADBOLT, Nigel R..Fire: an Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems, 2003

4. Una calificación pésima: [-1,-0.5]
5. Una calificación neutra: [0]

En el primer caso, la calificación se obtendrá si el desempeño del agente evaluado (el administrador del sistema) cumple completamente con las expectativas del agente evaluador (el comisionista) hasta superarlas.

La calificación del segundo caso se obtiene cuando el administrador del sistema cumple completamente con las expectativas del agente evaluador sin superarlas.

Una mala calificación se alcanza si el administrador del sistema no puede cumplir con algunos ítems esperados por el comisionista evaluador, o cumple ciertos aspectos perfectamente, pero otros los cumple por debajo del rango de expectativas.

Una pésima calificación puede tomarse cuando el administrador del sistema no cumple con ninguno de los ítems esperados, cuando no realiza su papel o cuando lo cumple muy por debajo del mínimo esperado.

Las calificaciones neutras sólo se obtienen al iniciar cualquier interacción, cuando el comisionista entra a la rueda por primera vez.

En la siguiente sección se explican a detalle las reglas formuladas en el modelo FIRE.

4.4.3 Modelo FIRE

Este modelo describe cinco niveles: *Confianza de Interacción*, *Confianza Basada en Roles*, *Testigos de Reputación*, *Certificados de Reputación* y *Combinación de los Componentes*. Como complemento del modelo se adicionó la fase de *Evaluación de las Interacciones* - sección tomada del trabajo *Devising a Trust Model for Multi-Agent Interactions Using Confidence and Reputation*⁴³ - con el propósito de brindar mayor claridad a un agente acerca de la utilidad obtenida en las interacciones con el administrador del sistema, ya que es posible medir la diferencia entre las utilidades obtenidas y las esperadas, lo cual indica la distancia del comportamiento del administrador entre lo que se esperaba de él y la calificación que obtuvo, y por ser la desviación de la confianza un aspecto que el modelo FIRE pretende analizar, este nuevo apartado facilita el análisis de la información requerida por un agente para realizar las evaluaciones.

- **Nivel 1: Confianza de Interacción (IT).** FIRE determina como un primer paso el modelado de los agentes cuando actúan directamente con otros. En este caso no se tiene en cuenta la reputación que tengan los actores, ya que los valores dados a las interacciones dependen exclusivamente del resultado de la intervención directa que se realizó entre los agentes del sistema. Haciendo uso de los contratos

⁴³ SIERRA, Carles. GODO, Luis. JENNINGS, Nicholas R. y SARVAPALI D, Ramchurn. *Devising A Trust Model For Multi-Agent Interactions Using Confidence And Reputation*. 2004

mencionados en la sección 3.1.4, se definen las interacciones a realizar entre los agentes, así como el valor dado a cada una. Una regla de interacción se presenta de la siguiente manera:

$$r = (a, b, i, c, v)$$

Donde a y b son los agentes participantes, i la interacción correspondiente, c es el ítem del contrato a calificar y v es el valor que a le da a b por su actuación. Esta regla se efectúa antes y después de la interacción. Antes de la interacción, las reglas tendrán por valor v una calificación esperada del comportamiento del otro agente.

Para hallar el resultado de la confianza de interacción se aplica:

$$\bullet \quad IT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (1)$$

Donde $w(ri)$ es el peso de cada interacción, sin embargo, este valor se asigna de manera que el peso de las últimas interacciones sea mayor al de las primeras, cumpliendo con el rango $[+1,-1]$; vi es el valor o la calificación dada a cada interacción. Para comprobar que el valor de confianza dado por el modelo proviene de los datos que se tomaron en cuenta, se realizan las siguientes ecuaciones:

$$\bullet \quad Pn(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases} \quad (2)$$

Con ella se verifica que el valor de confianza provenga de los datos que se han tenido en cuenta para computar la utilidad o la confianza en la interacción. Donde n es el número de las tasas o pesos dados y m es el límite de datos; el rango n/m va de 0 hasta 1 cuando n se encuentra entre $[0, m]$ y toma el valor de 1 cuando n excede a m .

La siguiente ecuación hace referencia a que cuanto más dispersos sean los datos y las tasas obtenidas, menor será el compromiso del otro agente en cumplir sus acuerdos. La desviación de la confianza de interacción se mide de la siguiente forma:

$$\bullet \quad P_d(a,b,c) = 1 - \sum_{r_i \in R(a,b,c)} \frac{w(r_i) * |v_i - IT(a,b,c)|}{2} \quad (3)$$

Donde $w(r_i)$ es el peso de cada interacción, v_i es el valor o la calificación dada a cada interacción y IT es el resultado de la fórmula 1.

Finalmente, la fórmula para comprobar que las medidas de confianza sean correctas es:

$$\bullet \quad p_{IT}(a,b,c) = P_n(a,b,c) * P_d(a,b,c) \quad (4)$$

Donde P_n es el resultado de la fórmula 2 y P_d es el coeficiente de la fórmula 3.

- **Nivel 2: Confianza Basada en Roles(RT).** En este punto, FIRE proporciona ciertas reglas que permiten medir las interacciones de los agentes de acuerdo al rol o papel que tomen en determinado momento, es decir, en este caso un agente podrá ser medido de acuerdo a su comportamiento como vendedor, comprador, administrador, etc. Las reglas tienen la siguiente forma:

regla: (rol a, rol b, c, vD, eD)

Donde el *rol a* representa el papel que juega el agente evaluador, *rol b* el papel del agente evaluado, *c* es el ítem a calificar, *vD* es la calificación dada a la interacción y *eD* es el peso del ítem, el cual es un valor subjetivo. La suma de los pesos en una misma regla debe ser igual a 1. Finalmente, la fórmula con la que se evalúan las interacciones es:

$$\bullet \quad RT(a,b,c) = \frac{\sum_{regla i \in Reglas(a,b,c)} v_{Di} * e_{Di}}{\sum_{regla i \in Reglas(a,b,c)} e_{Di}} \quad (5)$$

Donde la *regla i = (rol a, rol b, c, vD, eD)* hace parte del conjunto de Reglas, *vDi* es la calificación dada a la interacción y *eDi* es el peso del ítem. Para

medir la confianza en los datos obtenidos en RT es necesario aplicar las fórmulas 2, 3 y 4.

- **Nivel 3: Testigos de Reputación (WR):** Los testigos de reputación se aplican cuando un agente ingresa por primera vez al sistema y no tiene referencia sobre los demás, por lo tanto debe investigar sobre la reputación que tienen los actores como resultado de sus interacciones y calificaciones pasadas. Para esto, FIRE propone buscar las reglas obtenidas en las interacciones directas de un agente, analizadas en el nivel 1.

- $$WT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (6)$$

Las fórmulas 3 y 4 son usadas en este nivel.

- **Nivel 4: Evaluación de Interacciones:** Como se ilustró al inicio del modelo FIRE, en este nuevo apartado, se realizarán las evaluaciones de las anteriores interacciones con el fin de brindar a los nuevos agentes un panorama más amplio sobre los resultados de dichas interacciones.

- $$\Delta ri = ri(v') - ri(v) \quad (7)$$

Donde ri representa la regla a analizar, v' el valor dado después de la interacción y v el valor esperado. Con esta diferencia los agentes entrantes

pueden analizar si el comportamiento del otro agente es bueno, o por el contrario es muy distante a lo que se esperaba de él.

- **Nivel 5: Certificados de Reputación (CR):** Son tasas que un agente muestra de si mismo, las cuales han sido obtenidas por calificaciones que otros agentes le han dado en el pasado. Se calculan con la misma formula de los testigos de reputación, vistos en el nivel 2, con la única diferencia que los datos obtenidos son los proporcionados por el mismo agente b .

$$Tc(a,b,c, ____) \quad y \quad \rho Tc(a,b,c, _)$$

La fórmula para calcular la confianza en los certificados de reputación es:

- $CT(a,b,c) = \sum_{ri \in CR(a, b, c)} w(ri) * vi$ (8)

Las fórmulas 3 y 4 son usadas en este nivel.

- **Nivel 6: Combinación de Componentes:** Luego de modelar los diferentes casos en los cuales se presenta la confianza en un sistema multi-agentes, es posible formular la ecuación de la confianza:

- $T(a,b,c) = \frac{\sum_{k \in \{I, R, W, C\}} w^k * T_k(a, b, c)}{\sum_{k \in \{I, R, W, C\}} w^k}$ (9)

- $PT(a,b,c) = \frac{\sum_{k \in \{I,R,W,C\}} w_k}{\sum_{k \in \{I, R, W, C\}} w_k}$ (10)

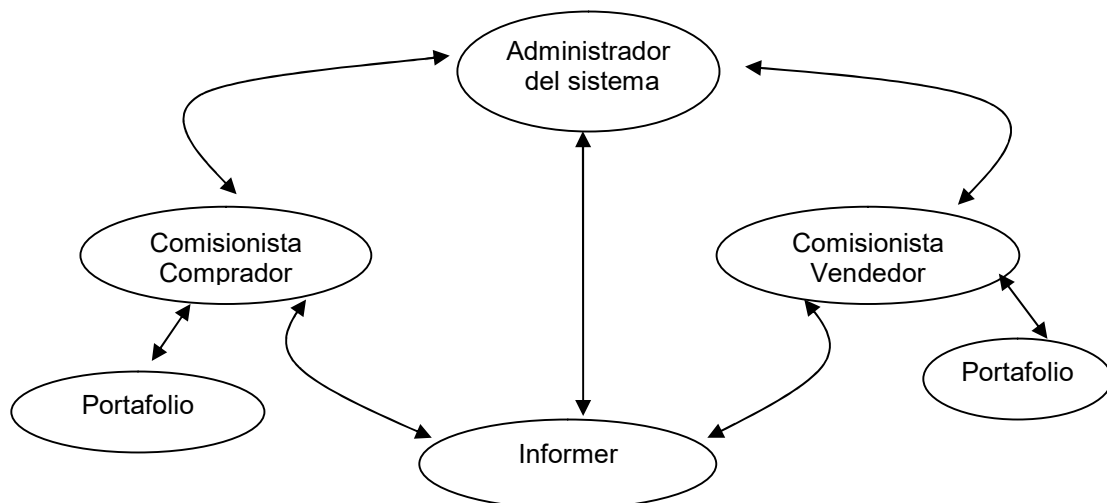
Donde $w_k = W_k * PT(a, b, c)$; W_I, W_R, W_W, W_C son los coeficientes correspondientes a I_T, R_T, W_R y C_R y T_k concierne al valor de los resultados de las fórmulas 1,5,6 y 8 dependiendo del ítem que se esté evaluando.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA GAIA II Y DEL MODELO FIRE AL CASO DE LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA (BVC)

5.1 MODELADO GAIA Y FIRE

En esta fase se presenta el modelado del sistema multiagentes empleando la metodología Gaia para un simulador de juego de negocios de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). La Figura 5 visualiza los actores identificados tras una primera abstracción del funcionamiento de la BVC.

Figura 5. Abstracción del funcionamiento de la Bolsa de Valores de Colombia para el sistema multiagente.



Fuente: Autores del proyecto.

La Figura 5 ilustra las instancias que llevan a cabo el funcionamiento de la compra –venta de CDT's en el Sistema, se distinguen seis actores que son:

1. Administrador del Sistema: Encargado del control y manejo de las transacciones en la rueda de negociación. Este es actor más importante de la rueda, debido a que las especificaciones y normas que debe cumplir para ofrecer una negociación transparente son muy estrictas. En conclusión, por medio de este agente los comisionistas compradores y vendedores podrán alcanzar sus objetivos.
2. Comisionista Vendedor: Es el actor oferente, quien inscribe ante el administrador del sistema los CDT's que desea vender. Estos títulos deben cumplir con unas características y normas específicas para la negociación y sus valores deben ser acordes con los manejados en el mercado de CDT's.
3. Comisionista Comprador: Es el agente demandante, quien solicita al Administrador del Sistema que le muestre todos los CDT's que cumplen con unas características específicas, al obtener estos títulos, los valores y las tasas con las cuales están siendo vendidos, este actor realiza las proyecciones pertinentes para la creación de ofertas que serán admitidas o rechazadas por el Administrador del Sistema.

4. Informer: Es el encargado de mostrar a los actores Comisionistas (compradores y vendedores) y al Administrador del Sistema, la tasa por la cual se están negociando los CDT's en el mercado.

5. Portafolio: Se tiene uno por cada comisionista que esta interactuando en el Sistema de la rueda, en él se encuentran registrados todos los CDT's pertenecientes a los compradores o vendedores, a partir de los cuales van a jugar sus papeles o entrar a participar en la rueda de negociación.

El sistema fue interpretado para el sistema multiagentes con unas características específicas y que se desarrollan de una manera organizada siguiendo una secuencia de ejecución. A continuación se describirá la interpretación del Sistema de la Bolsa de Valores de Colombia para la construcción del prototipo:

En la BVC, se encuentran diferentes actores que interactúan entre si para llevar a cabo la venta-compra de CDT's. Sus actores principales son el *Administrador del Sistema* quien es el encargado de controlar y llevar a cabo el funcionamiento de la rueda de negociación; *el Comisionista* quien debe inscribirse ante el administrador del sistema en uno de sus roles ya sea como comprador o vendedor según sea el estado actual de su portafolio, en el cual deberá introducir su nombre y cédula para poder accesarlo, a su vez, el vendedor debe registrar los CDT's que desee vender en la rueda y para llevar a cabo este proceso debe antes, consultar las

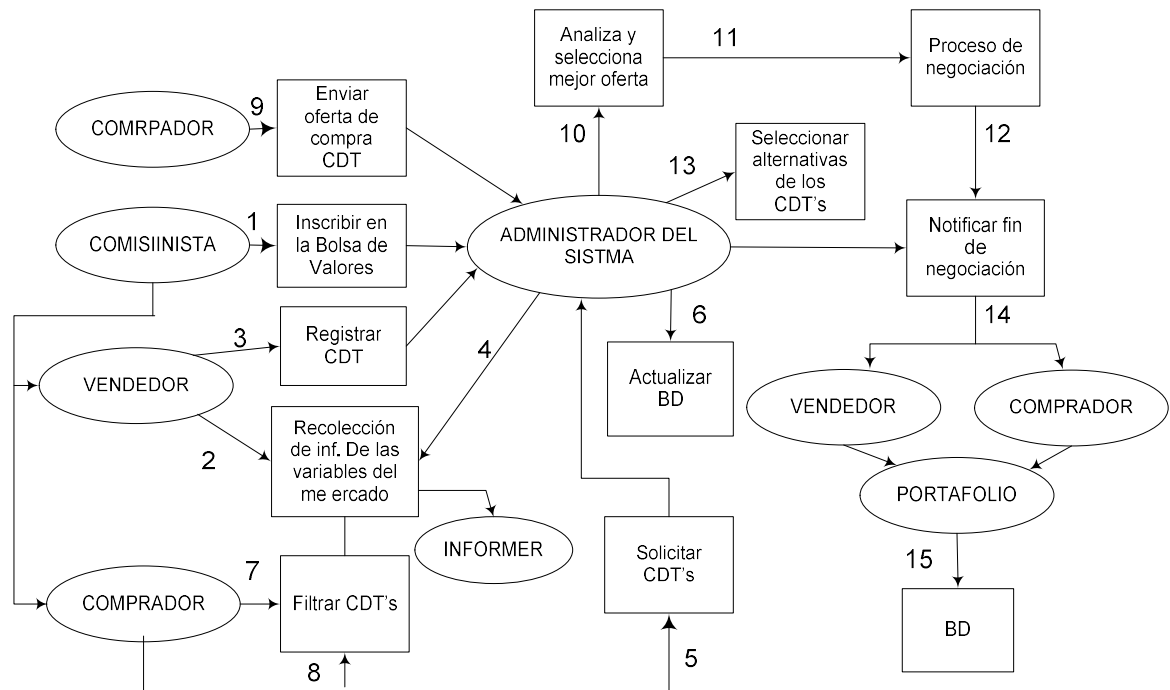
variables del mercado al actor informar y esperar la notificación de negociación de uno de sus títulos por parte del administrador de la BVC; el comprador después de validarse o inscribirse como comisionista activo de la rueda de negociación debe solicitar una lista de CDT's que se ajusten a los parámetros de los títulos que desea comprar, este listado es suministrado por el administrador. Una vez haya obtenido la información necesaria debe acudir al actor informar para conocer el valor de la tasa con el cual los CDT's están siendo tratados en el mercado y poder de esta manera realizar una oferta de compra la cual será analizada por el administrador de la rueda quien decidirá que CDT se venderá y quien será su propietario. Después de esta fase, el administrador deberá informar a los participantes de la negociación, quienes a su vez informarán a su portafolio para que dicho actor guarde o actualice su base de datos personal.

Para un mayor entendimiento del funcionamiento de la rueda de negociación y de las tareas de cada agente que participa de la rueda, se presenta la Figura6, donde se ilustra cada acción siguiendo una notación gráfica:

- Los óvalos: representan cada uno de los actores que participan en la rueda de negociación.

- Los cuadrados: simbolizan cada una de las actividades desarrolladas por cada actor.
- Las flechas: direccionan la actividad que lleva a cabo cada actor.
- Los números: indican el orden en que se llevan a cabo los procesos.

Figura 6. Diagrama del funcionamiento de la Bolsa de Valores de Colombia.



Fuente: Autores del proyecto.






5.1.1 FASE DE REQUERIMIENTOS

En esta fase se identifican los actores que se encuentran presentes en la rueda de negociación. Para el caso de la representación del funcionamiento de la BVC se han identificado los siguientes actores: Comisionista ya sea en su rol de comprador o vendedor, Administrador del Sistema, Portafolio e Informer, los cuales se pueden representar por medio de diagramas de caso de uso.

En la Tabla 5, se describe cada elemento que conforma un diagrama de casos de uso utilizando el lenguaje UML⁴⁴ (Unified Modeling Language), el cual se basa en una notación gráfica la cual permite: especificar, construir, visualizar y documentar los objetos de un sistema programado Pressman]:

⁴⁴ Página Oficial de UML <http://www.uml.org/>

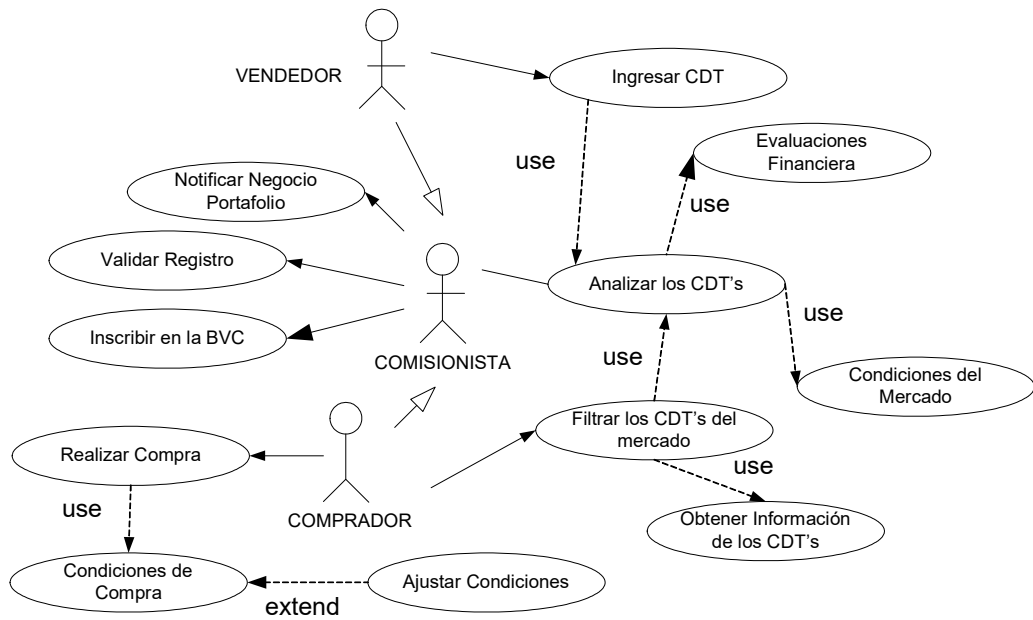
Tabla 5. Notación de UML para los casos de uso.

FIGURA	DESCRIPCIÓN
	Actor: Es un usuario del sistema, que necesita o usa alguno de los casos de uso. Un usuario puede jugar más de un rol. [Pressman]
	Caso de Uso: Representa una operación completa desarrollada por los actores o por el sistema. Denota un requerimiento del sistema. Pressman]
	(uses): Relación entre dos casos de uso, denota la inclusión del comportamiento de un escenario en otro escenario. Pressman]
	(comunicates): Relación entre un actor y un caso de uso, denota la participación del actor en el caso de uso determinado Pressman]
	Generalización: Relación de herencia entre dos actores. Pressman]

Fuente: Autores del proyecto.

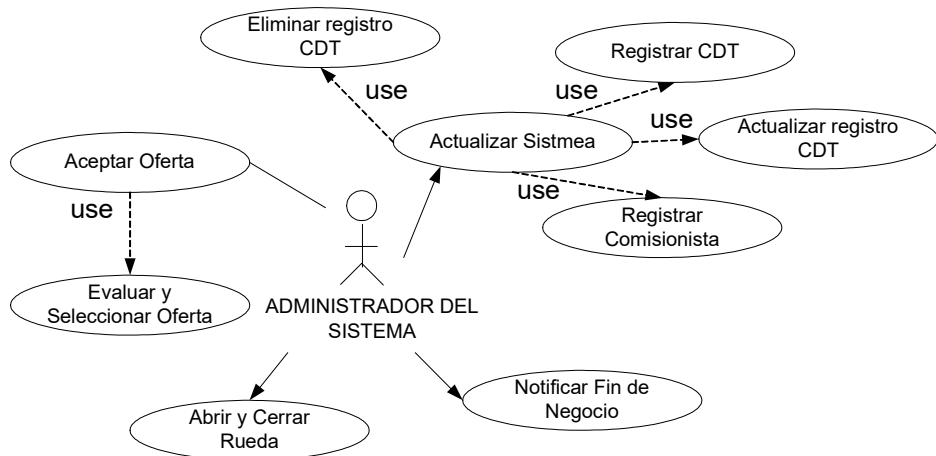
A continuación se ilustran todos los casos de uso de la BVC:

Figura7: Casos de uso del comisionista en la Bolsa de Valores de Colombia



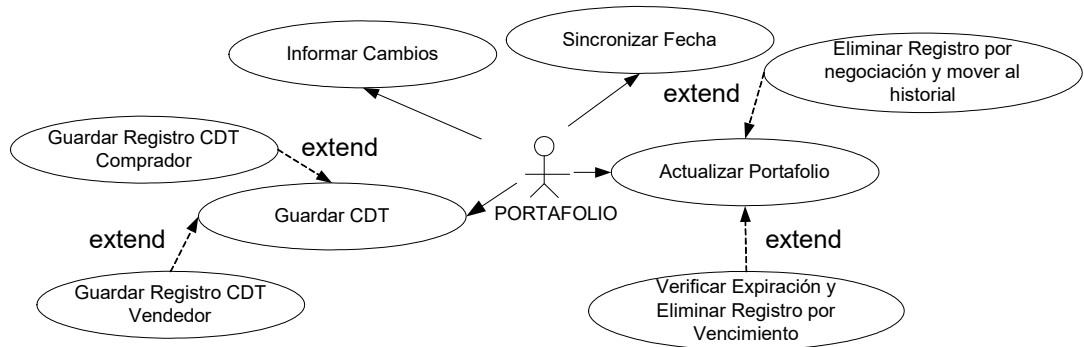
Fuente: Autores del proyecto

Figura8: Casos de uso del administrador del sistema en la Bolsa de Valores de Colombia



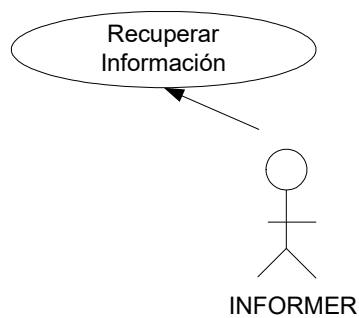
FUENTE Autores del proyecto

Figura 9. Casos de uso del portafolio en la Bolsa de Valores de Colombia



Fuente: Autores del proyecto.

Figura10: Caso de uso del informar en la Bolsa de Valores de Colombia



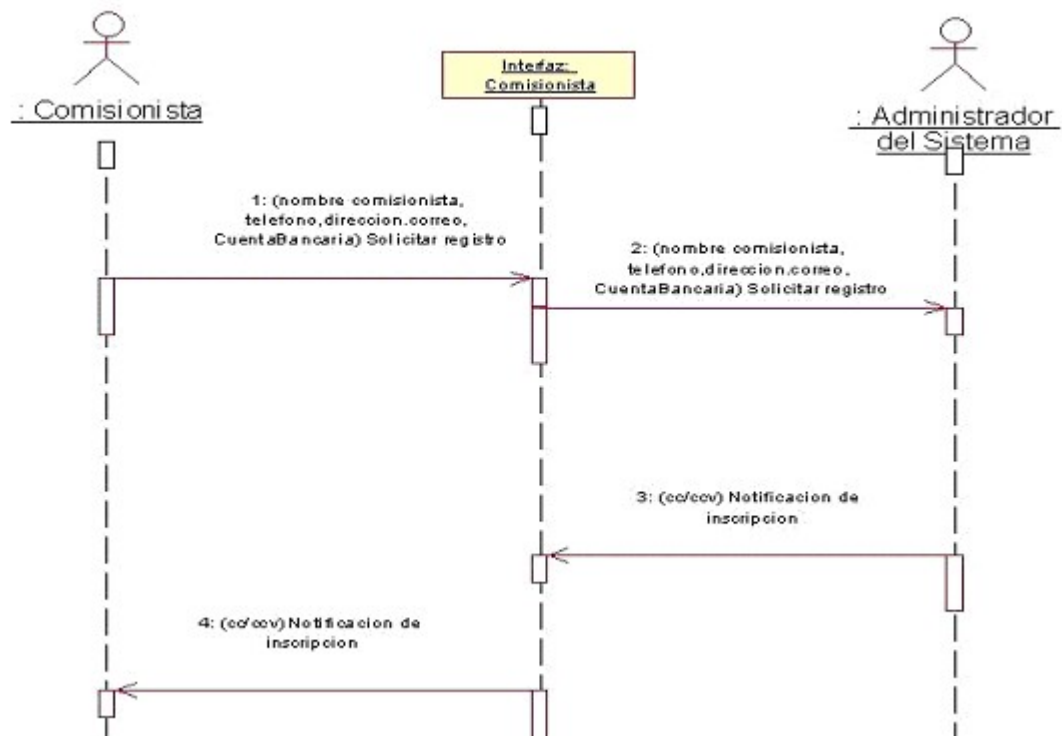
FUENTE Autores del proyecto

A continuación se describen los diagramas de secuencia correspondientes a cada uno de los casos de uso descrito anteriormente.

- Comisionista. Es el papel que desempeña los dos roles para los cuales se crea un solo caso de uso. A continuación se describen con mayor claridad.
 - **Inscribirse en la bolsa.** Este caso de uso lo realizan tanto el comisionista comprador como el vendedor y consiste básicamente en solicitar un registro, enviando al administrador del sistema (por medio de la interfaz Comisionista) su nombre, cuenta bancaria, teléfono, correo electrónico y dirección; el administrador le devuelve el código con el cual podrá ingresar a la bolsa.

La Figura11 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Inscribirse en la bolsa* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Comisionista.

Figura11.Diagrama de secuencia del caso de uso inscribirse en la bolsa.

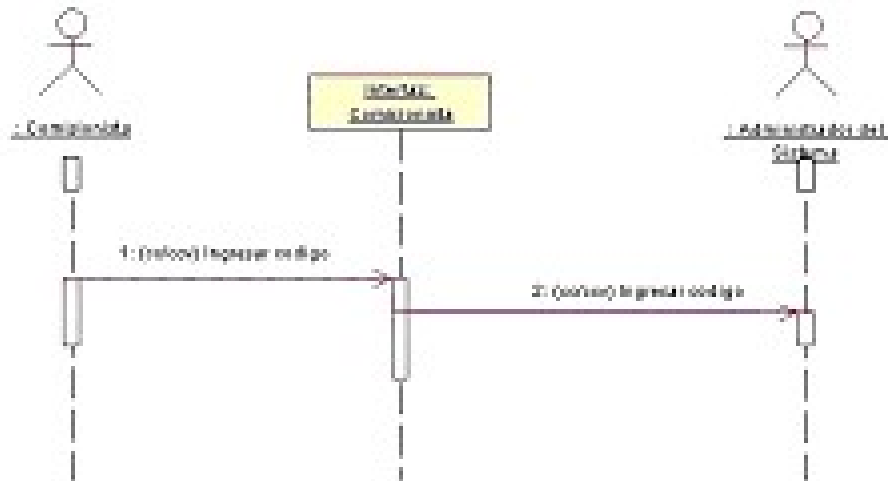


Fuente: Autores del proyecto.

- **Validar registro.** Luego de obtener el código, el comisionista deberá ingresarlo para que el administrador del sistema corrobore que se trata de un comprador o vendedor registrado y pueda hacer parte de las negociaciones de la rueda.

La Figura 12 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Validar registro* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Comisionista.

Figura12 Diagrama de secuencia del caso de uso validar registro.



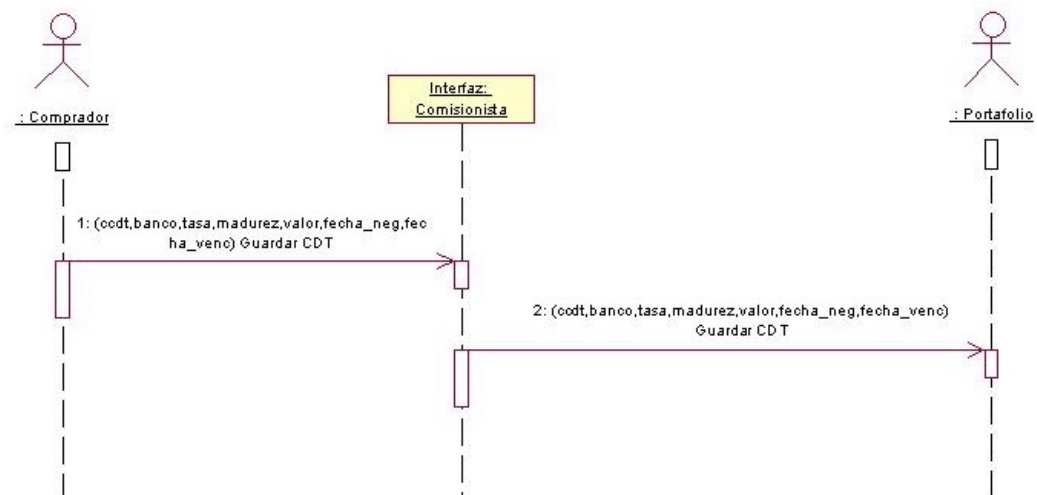
Fuente: Autores del proyecto.

- **Comisionista (Comprador).** Quien desempeñándose como comprador debe realizar los siguientes casos de uso:
 - **Notificar negocio de compra al portafolio.** El comprador después de llevar a cabo un negocio de compra, se comunica con el administrador de portafolio y le informa acerca del CDT que ha adquirido para que éste posteriormente se encargue de almacenarlo en su portafolio. Para llevar a cabo este proceso, el comisionista comprador debe enviarle un solicitud de guardar a través de una interfaz, suministrándole los datos del CDT que debe almacenar

estos datos son: código del CDT que acaba de adquirir (ccdt), el banco que expidió el título (banco), maduración que es la fecha por la cual es válido el título (madurez), fecha de negociación (fecha_neg), fecha de vencimiento (fecha_venc) y valor por el cual lo compro (valor).

La Figura 13 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Notificar negocio de compra al portafolio* en donde se ilustran las conversaciones por el actor comprador.

Figura13. Diagrama de secuencia del caso de uso notificar negocio de compra al portafolio.

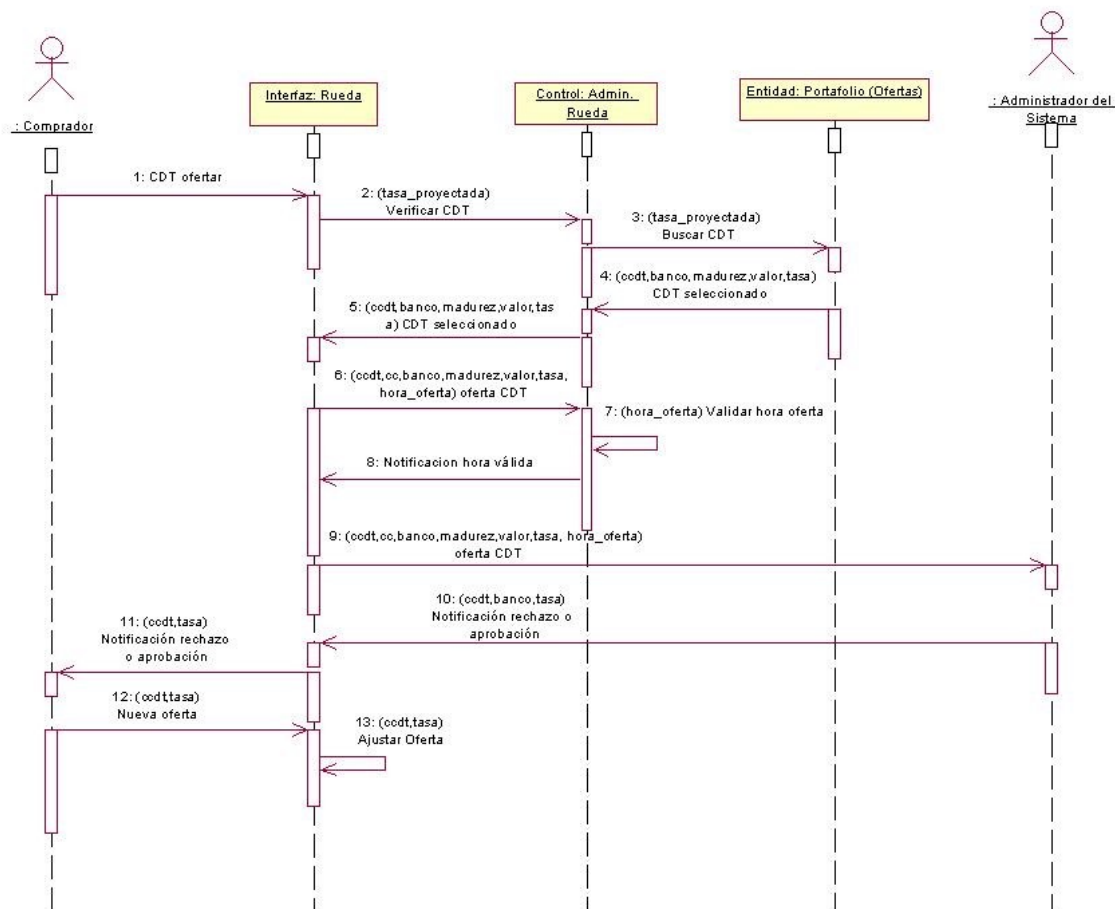


Fuente: Autores del proyecto

- **Realizar Compra.** Este caso de uso empieza una vez el comprador realice la solicitud de compra del CDT a través de la interfaz Rueda, donde se especifican los datos descritos por el comprador referentes a lo que está dispuesto a dar por el título, estas son: el código con el cual se identifica el comprador como comisionista de la rueda (cc), el código del CDT que desea adquirir y que ya previamente ha evaluado y proyectado sus ganancias e intereses en el futuro (ccdt), el nemotécnico del CDT donde se especifica el título negociado y el banco al que pertenece (banco), la hora de la oferta (hora_oferta), dicho tiempo debe pertenecer al intervalo de tiempo de la rueda para negociar el título y el valor que ofrece por el CDT (valor). En respuesta a la oferta, el administrador del sistema le comunica por medio de una notificación si su oferta ha casado con la venta o si hay una mejor.

La Figura 14 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *realizar compra* en donde se ilustran las conversaciones por el actor comprador.

Figura14. Diagrama de secuencia del caso de uso realizar compra

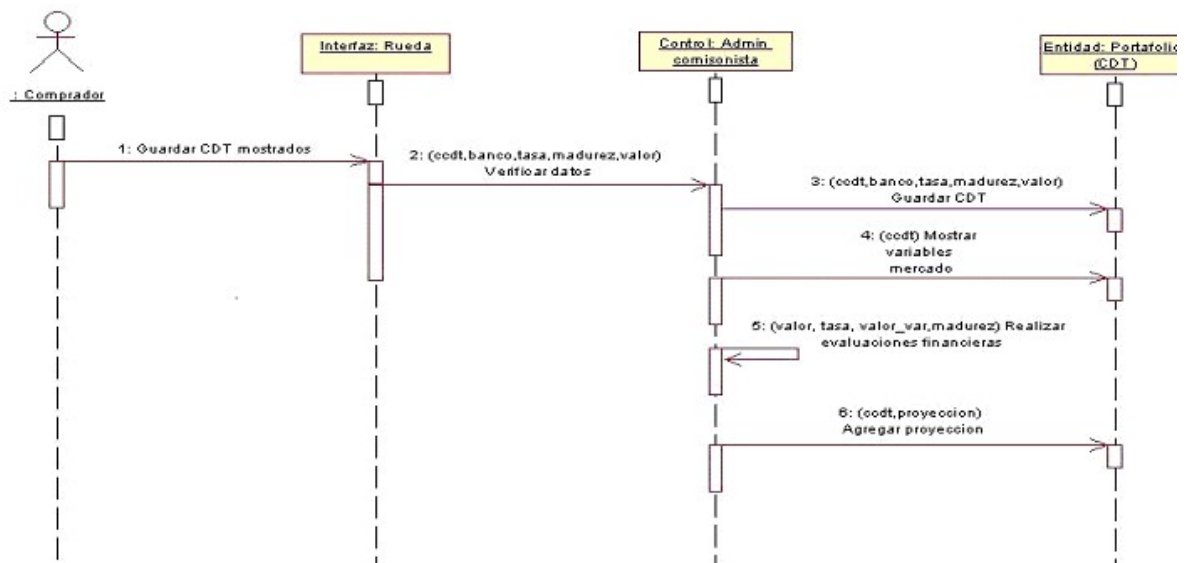


Fuente: Autores del proyecto.

- **Filtrar CDT's.** El comprador guardará los CDTs que le interese negociar en una tabla de su Portafolio llamada CDT.

La Figura 15 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Filtrar información*.

Figura15. Diagrama de secuencia del caso de uso proporcionar y filtrar información



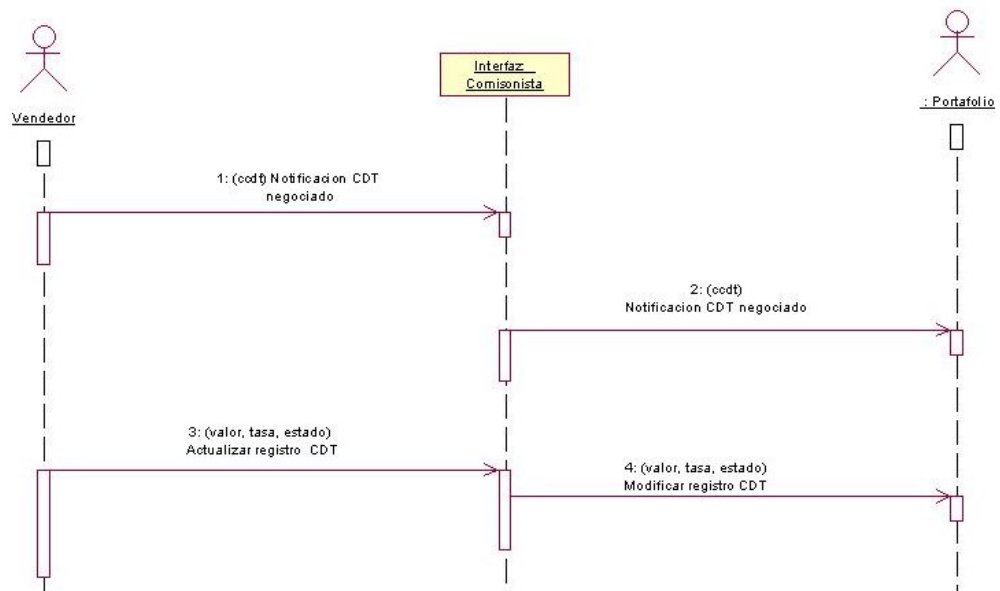
Fuente: Autores del proyecto.

- **Comisionista (Vendedor).** Al desempeñarse con el rol de vendedor, este actor debe llevar a cabo los siguientes procesos:
 - **Notificar negocio de venta.** Esta función del vendedor consiste en enviar un mensaje al administrador del portafolio acerca de la venta de un CDT,

mediante el cual se debe permitir la actualización de los datos de los CDTS, en los registros de cada comisionista de Bolsa. Esta tarea inicia una vez se recibe la confirmación de cierre del negocio por parte del Administrador del Sistema. Para esto, envía una notificación al Portafolio pasándole el código del CDT que se negocio para que este consulte los datos correspondientes al código y posteriormente el vendedor le envía cuales fueron las nuevas condiciones de venta que se dieron durante la negociación para lo cual especificará el monto o valor (monto).

La Figura 16 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Notificar negocio de venta* en donde se ilustran las conversaciones por el actor vendedor.

Figura16. Diagrama de secuencia del caso de uso notificar negocio de venta



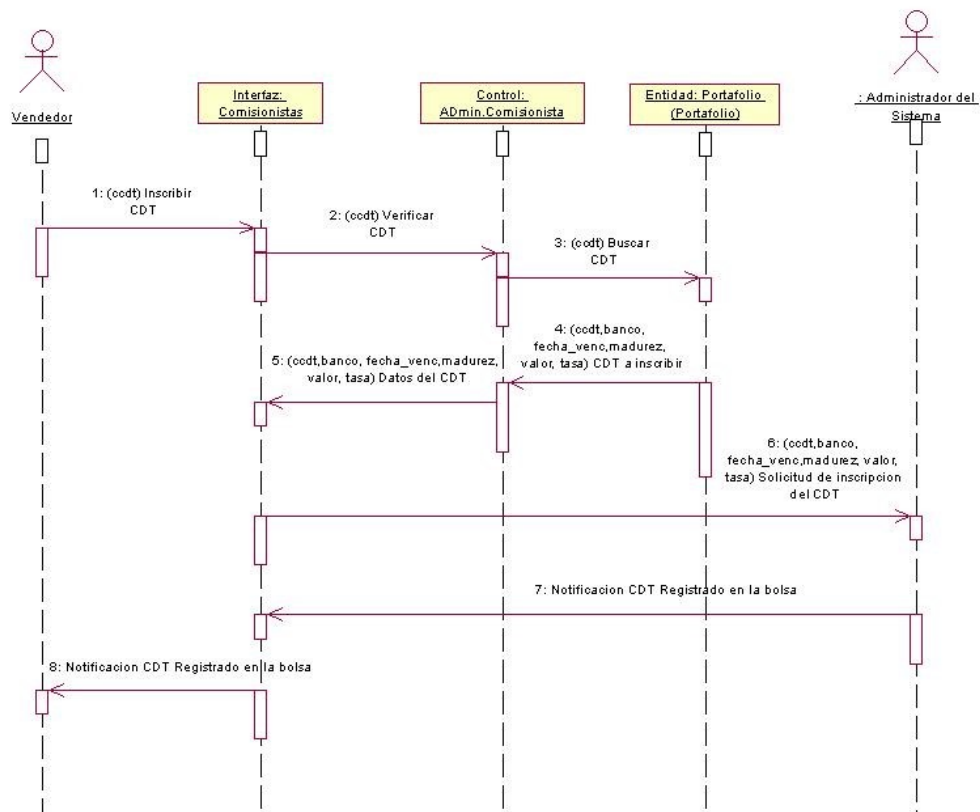
Fuente: Autores del proyecto.

- **Ingresar CDT.** Cuando el comisionista vendedor ya se ha registrado ante el administrador del sistema y se le es asignado un código, su primera función será listar los CDTs a vender de la base de datos de su portafolio, y posteriormente enviar los datos del CDT al administrador del sistema con el fin de registrarlo y ponerlo a disposición del mejor postor, los datos que del título son: código del CDT (ccdt), el nemotécnico (banco), monto o valor (valor), maduración (madurez) y la fecha de vencimiento (fecha_venc), estos valores deben estar acordes a los valores del mercado. Los datos que sean enviados deberán contener también, la información del agente, para permitir su relación con el CDT por parte del administrador y de ésta forma notificar la actividad

que se realizó sobre el mismo durante el recibimiento de ofertas y en dado caso informar de su negociación.

La Figura17 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Ingresar CDT* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Vendedor.

Figura17. Diagrama de secuencia del caso de uso ingresar CDT

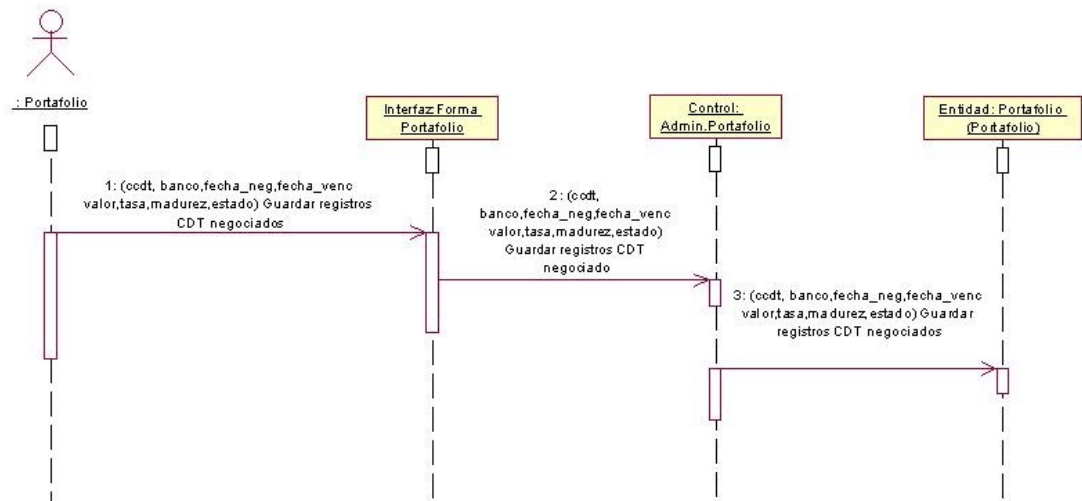


Fuente: Autores del proyecto.

- **Administrador de su Portafolio.** Este actor lleva a cabo los siguientes casos de uso:
 - **Guardar CDTs comprados (Comprador).** Este proceso es llevado a cabo, después de que el comisionista comprador le notifica que CDT ha sido adquirido durante la rueda. Los datos del CDT son: el código del CDT (cc), el nemotécnico (banco), fecha de negociación (fecha_neg), fecha de vencimiento (fecha_venc), valor o monto al cual fue adquirido (valor), la tasa (tasa), estado del CDT (estado) y madurez o fecha de vencimiento del CDT (madurez). Esta tarea se realiza para mantener actualizado el portafolio y saber cuales son los titulo que se han negociado o comprado.

La Figura 18 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Guardar CDT's comprados (Comprador)* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador de su Portafolio.

Figura 18. Diagrama de secuencia del caso de uso guardar CDT's comprados .



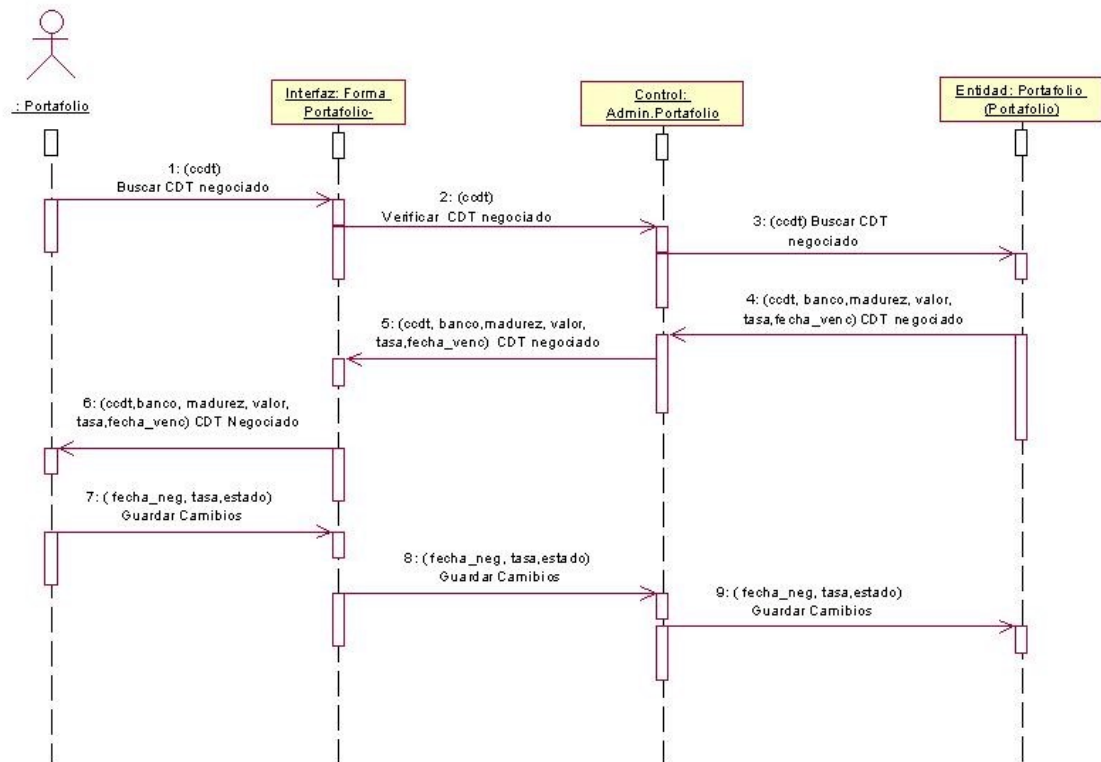
Fuente Autores del proyecto

- **Guardar registro CDT vendido (Vendedor).** Esta función se lleva a cabo para mantener actualizado el portafolio personal del comisionista vendedor. Para realizar esta tarea se necesita que el vendedor notifique qué CDTs fueron vendidos durante la transición de la rueda de negocios. Lo primero que se debe saber es el código del CDT negociado para buscar los datos que están relacionados con él, por lo cual se inicia una solicitud de buscar CDT. Posteriormente el administrador del portafolio le introduce por medio de la interfaz, las correcciones de los registros que se encuentran en la entidad. Si las hay, estos datos son: el valor o monto del CDT (valor), la fecha de negociación del CDT (fecha_neg) y la tasa (tasa), además debe cambiar el

estado del CDT a negociado, para que cuando se vaya a realizar la función de eliminación de CDT negociado se conozcan los CDT que fueron vendidos durante el día.

La Figura 19 ilustra el diagrama de secuencia del caso de uso *Guardar CDT's vendidos (vendedor)* en donde se evidencian las conversaciones por el actor Administrador de su portafolio.

Figura 19. Diagrama de secuencia del caso de uso guardar CDT's vendidos.



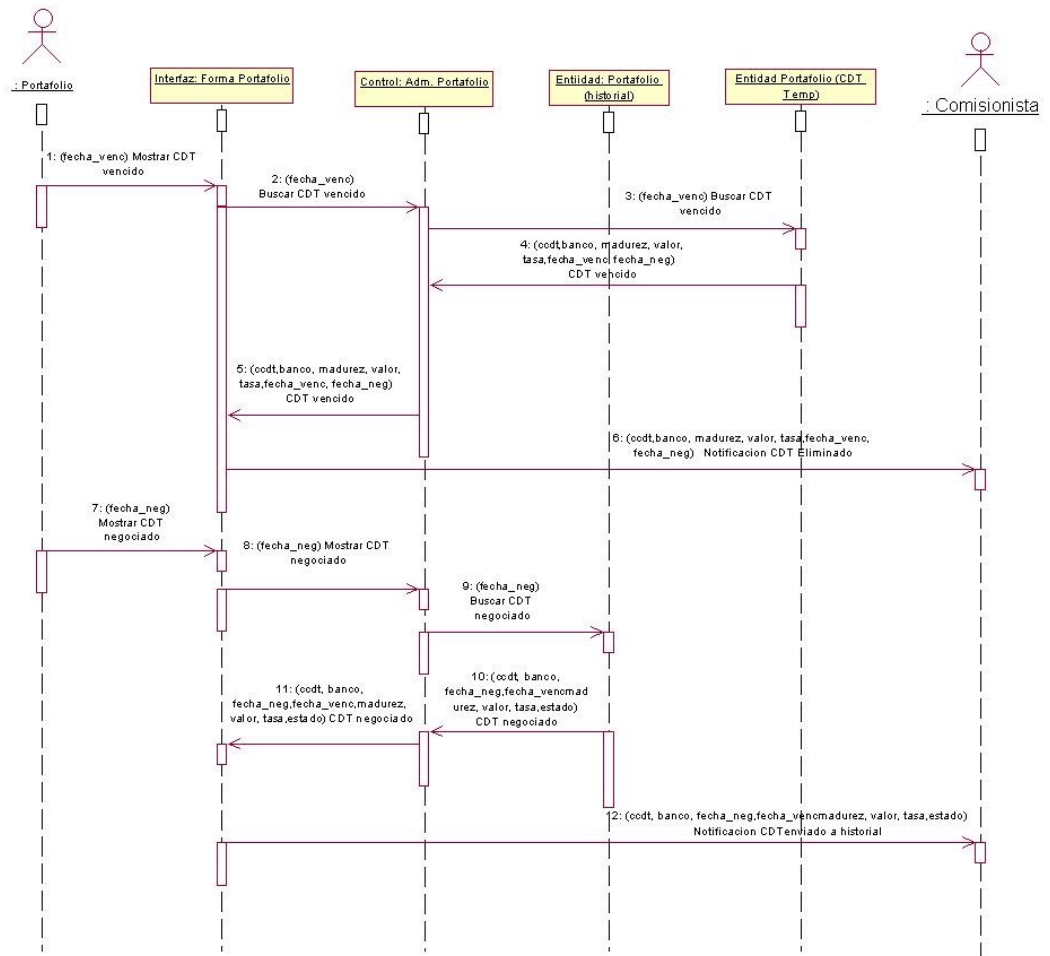
Fuente Autores del proyecto.

- **Informar cambios.** En esta tarea el agente le informará al comisionista de los cambios que hayan ocurrido, bien sean por vencimiento o por la realización de la negociación, igualmente le notificará que el registro eliminado se ha trasladado a un archivo historial para llevar un control de las transacciones realizadas. Al final del día el administrador de su portafolio debe mostrar los CDTs que fueron vendidos o vencidos. Si los CDTs fueron negociados (venta)

el administrador de su portafolio buscará en la tabla de historial, este caso termina en el momento en que se listan los CDTS al actor portafolio.

La Figura 20 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Informar cambios* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador de su portafolio.

Figura 20 Diagrama de secuencia del caso de uso informar cambios



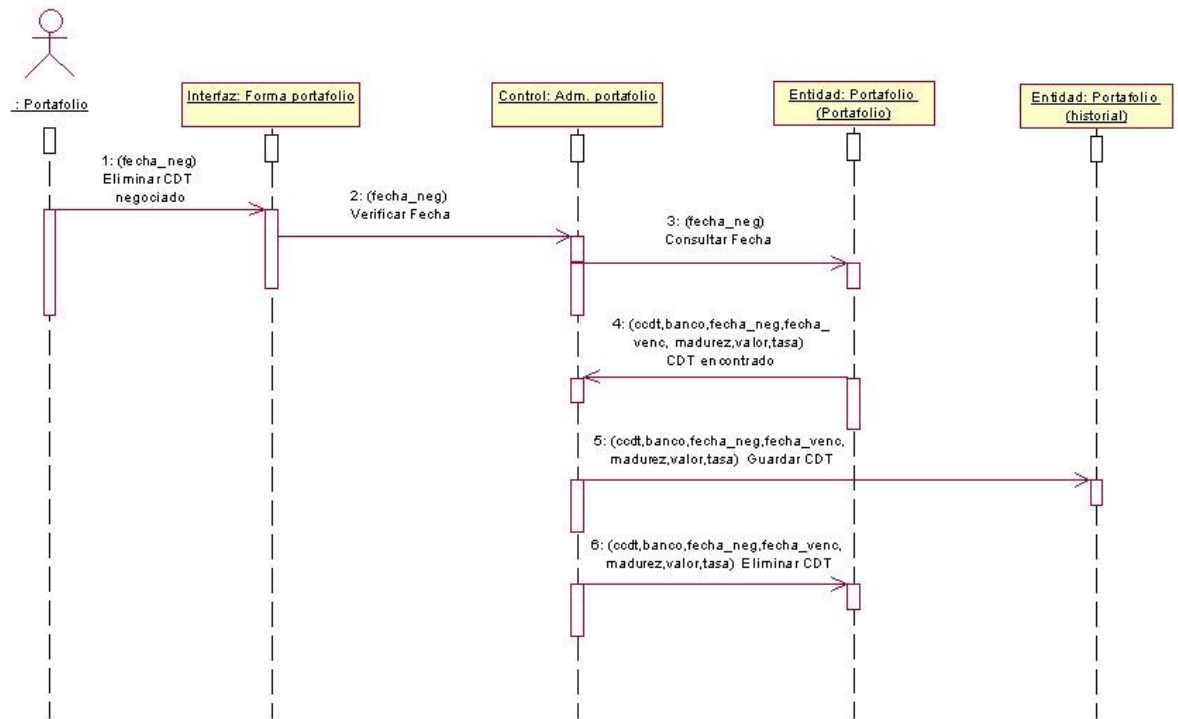
Fuente: Autores del proyecto.

- **Eliminar CDT's negociados y mover al Historial.** Esta función es de vital importancia para mantener actualizado el historial, pero sobre todo para saber cuales son los CDTs que aun no han sido negociados. Para llevarla a cabo, primero se listan los CDTs que han sido negociados en el día enviando como

parámetro la fecha del día actual (fecha_neg), la cual devolverá todos los datos concernientes al CDT, los cuales son: código del CDT (ccdt), nemotécnico (banco), fecha de vencimiento (fecha_venc), monto o valor (valor), madurez (madurez) y tasa (tasa); luego, antes de que estos CDTS sean eliminados son transportados a un archivo de historial que servirá para conocer los movimientos financieros que el comisionista de bolsa ha realizado (CDTS negociados durante la rueda de negociación). Posteriormente, se lleva a cabo la eliminación del CDT del portafolio. La salida obtenida es la eliminación o actualización de los registros que se encuentran en el portafolio del comisionista.

La Figura 21 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Eliminar CDT's negociados y mover al historial* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador de su portafolio.

Figura21. Diagrama de secuencia del caso de uso eliminar CDT's negociados y mover al historial.



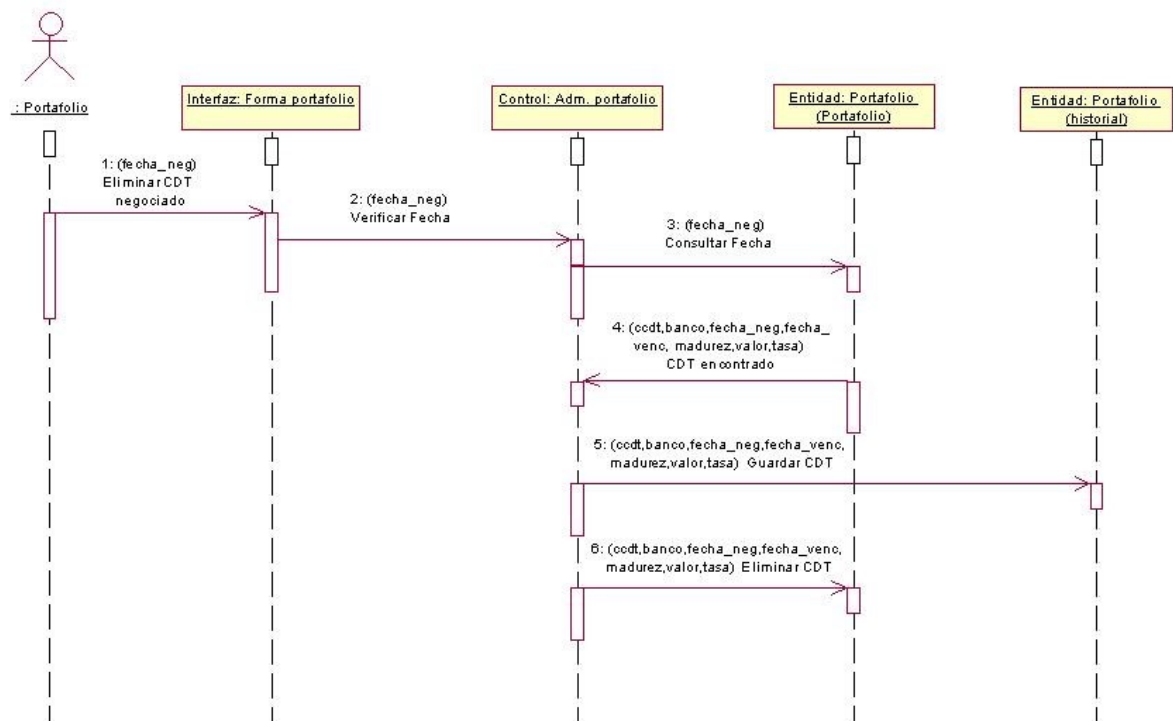
Fuente: Autores del proyecto

- **Verificar expiración y Eliminar registro.** Esta es una tarea muy importante ya que permite conocer cuáles CDT's han vencido y no fueron vendidos durante la rueda de negociación. También le indica al comisionista comprador que debe hacer efectivo el título o renovarlo. Lo primero que se realiza es verificar los CDT's cuya fecha de vencimiento coincide con la actual, los datos que se devuelven de la entidad son: el código del CDT (ccdt), nemotécnico

(banco), fecha de vencimiento (*fecha_venc*) monto o valor (*valor*), tasa (*tasa*), madurez (*madurez*). Luego el control envía la petición de eliminación del CDT que fue vencido y que acabo de almacenar en la tabla temporal. Este caso de uso termina cuando se recibe la notificación de la eliminación del CDT de la entidad *CDT_BD*.

La Figura 22 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Verificar expiración y Eliminar registro* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador de su portafolio.

Figura 22 Diagrama de secuencia del caso de uso verificar expiración y eliminar registro.



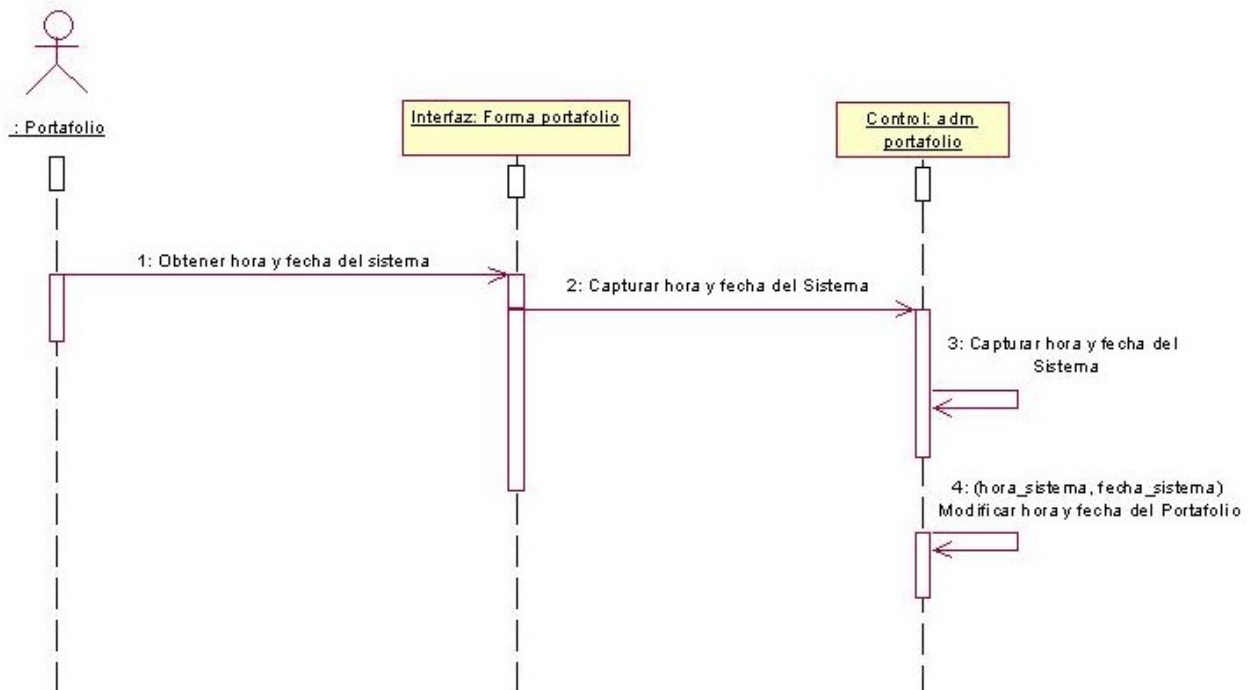
Fuente: Autores del proyecto.

- **Sincronizar fechas.** Esta tarea busca que la fecha que se manejan en el reloj interno del portafolio sea idéntica a la fecha manejada por el mercado virtual para evitar desfases que provoquen incoherencia en los registros y problemas en las negociaciones o en el control de vencimiento de los CDTs. Como entrada esta tarea recibe una petición de sincronizar fecha y como resultado de su ejecución el reloj del portafolio y del administrador se encuentran sincronizados. Para llevar a cabo esta tarea, el administrador del portafolio

debe ser capaz de solicitar la fecha actual de negociación al administrador del sistema, para posteriormente sincronizar la suya con la obtenida en la función.

La Figura 23 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Sincronizar fechas* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador de su portafolio.

Figura 23 Diagrama de secuencia del caso de uso sincronizar fechas.

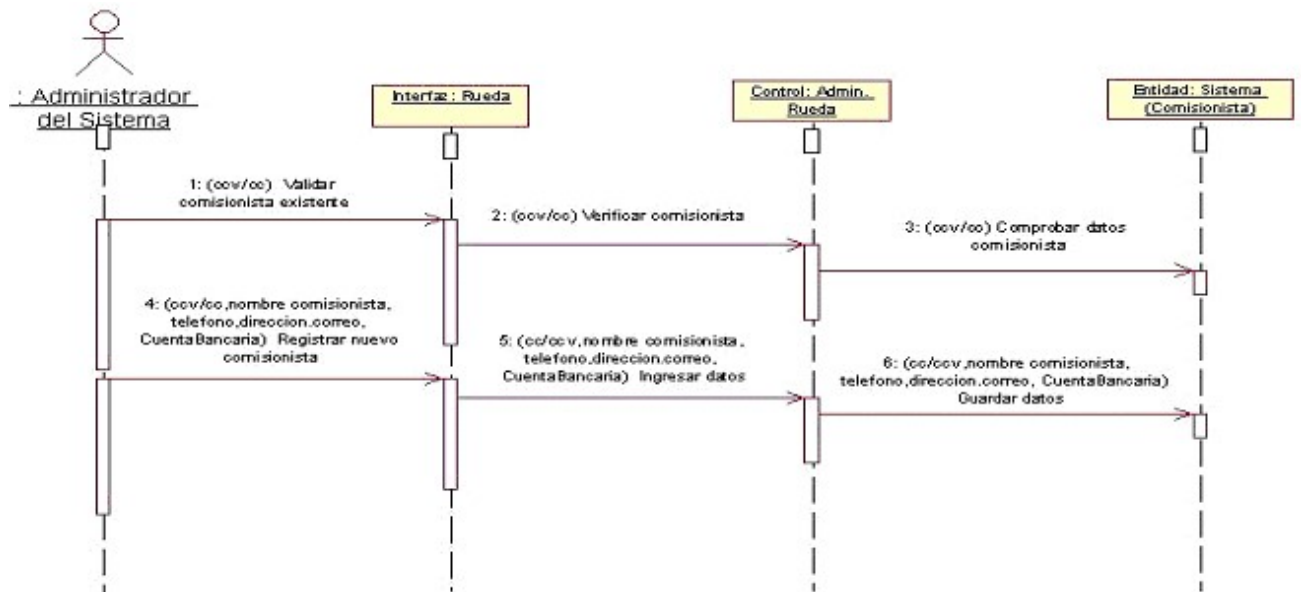


Fuente Autores del proyecto.

- **Administrador del Sistema:** Es el encargado de llevar a cabo los siguientes procesos:
 - **Registrar Comisionista.** El administrador del sistema necesita conocer los datos de los compradores y vendedores que van a participar en las ruedas, de esta manera puede saber a quien enviar las notificaciones de compra y venta una vez realizadas las negociaciones. Primero, el administrador del sistema debe validar si el comisionista ya está registrado en el sistema, para averiguarlo envía el nombre del comisionista a la interfaz de Rueda, y a través del control Admin. Rueda revisa en la base de datos llamada Comisionista la existencia del registro. En caso que ya se encuentre en la base de datos, el administrador recibirá el nombre del comisionista con su código correspondiente. En caso contrario, se ingresan los datos del nombre y el código que se le va a asignar al comisionista.

La Figura 24 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Registrar comisionista* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador del Sistema.

Figura24 Diagrama de secuencia del caso de uso registrar comisionista



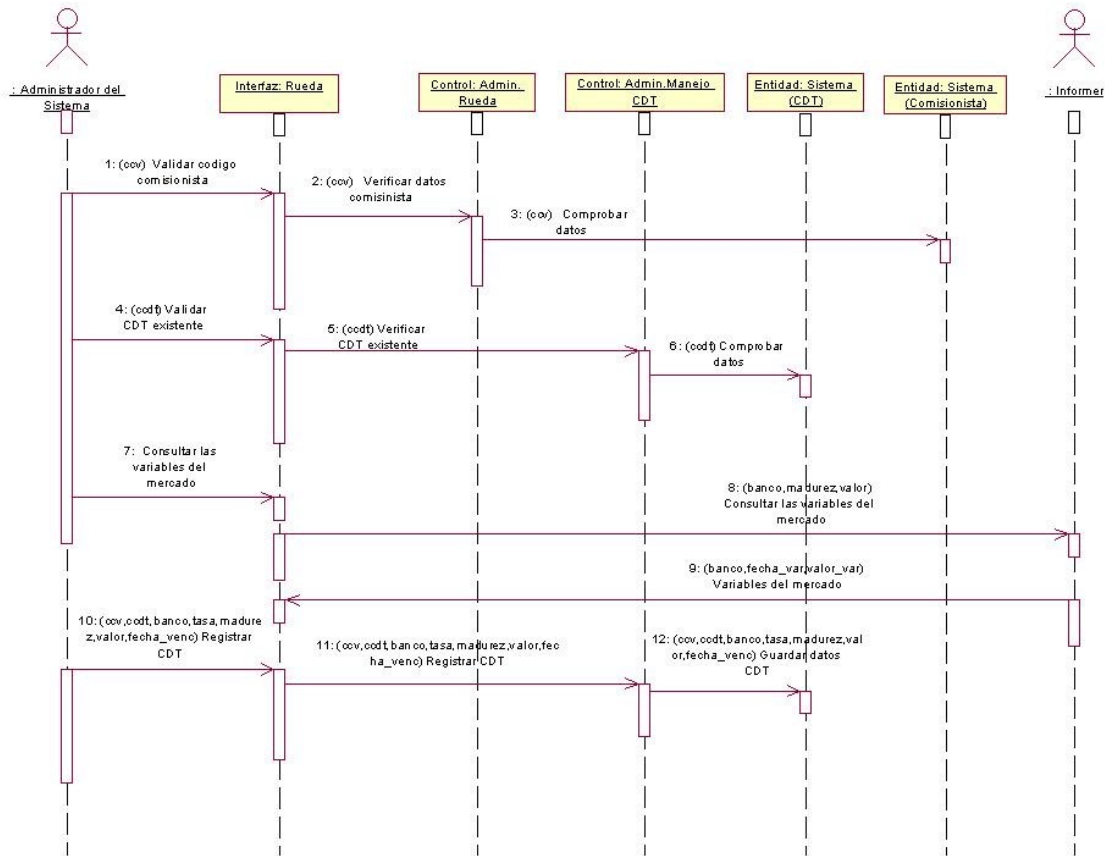
Fuente: Autores del proyecto

- **Registrar CDT.** Para que un CDT pueda ser negociado en la rueda, debe estar inscrito en el sistema. Para ello, el administrador del sistema deberá validar si el vendedor que posee el título valor es un comisionista registrado en la bolsa (en este caso envía el código del comisionista), si es válido, se verifica que el CDT no se encuentre previamente registrado en la bolsa, para conseguirlo, envía el código del CDT para que sea buscado en la base de

datos llamada Sistema (CDT), si no se encuentra registrado, el administrador revisa los datos del CDT. Conociendo que el CDT cumple con los requisitos exigidos, se registra con los datos: código, código del comisionista vendedor, banco, tasa o interés, madurez, fecha de vencimiento.

La Figura 25 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Registrar CDT* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador del sistema.

Figura25. Diagrama de secuencia del caso de uso registrar CDT.

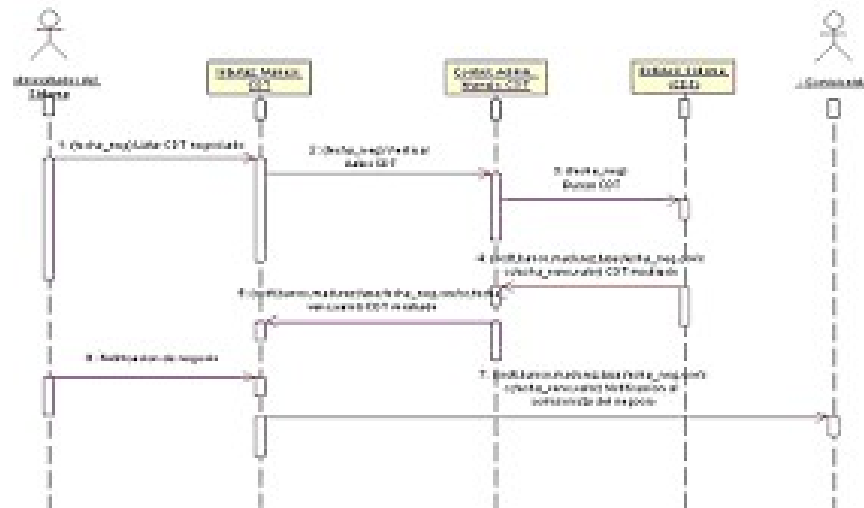


Fuente: Autores del proyecto.

- **Notificar fin de negocio.** Una vez sea negociado el CDT, el administrador introduce la fecha de negociación del CDT y obtiene todos los registros del CDT incluyendo el código del vendedor y del comprador, de esta manera le notifica a los comisionistas interesados que el negocio ha calzado.

La Figura 26 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Notificar fin de negocio* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador del sistema

Figura26. Diagrama de secuencia del caso de uso notificar fin de negocio

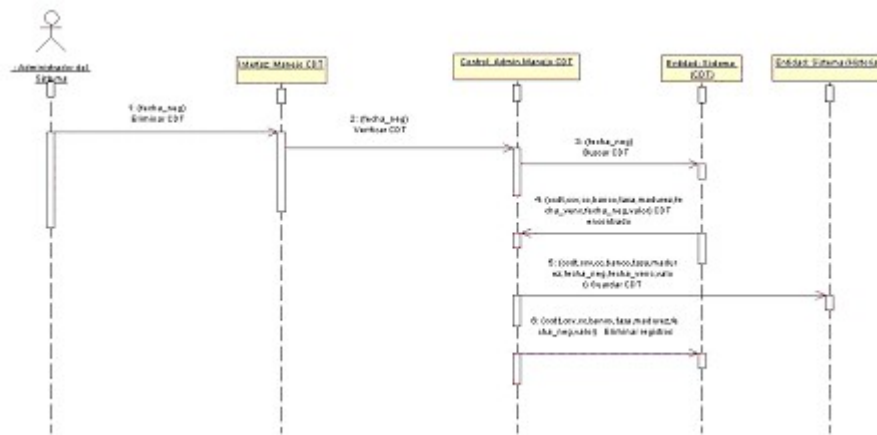


Fuente Autores del proyecto.

- **Eliminar registro CDT negociado.** Una vez los datos del CDT sean actualizados y se hayan realizado las notificaciones correspondientes, se eliminarán los registros del CDT y se enviarán a una entidad Historial para que no vuelvan a ser ofrecidos ni mostrados en próximas negociaciones.

La Figura 27 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Eliminar registro de CDT negociado* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador del sistema

Figura27. Diagrama de secuencia del caso de uso eliminar registro de CDT negociado.

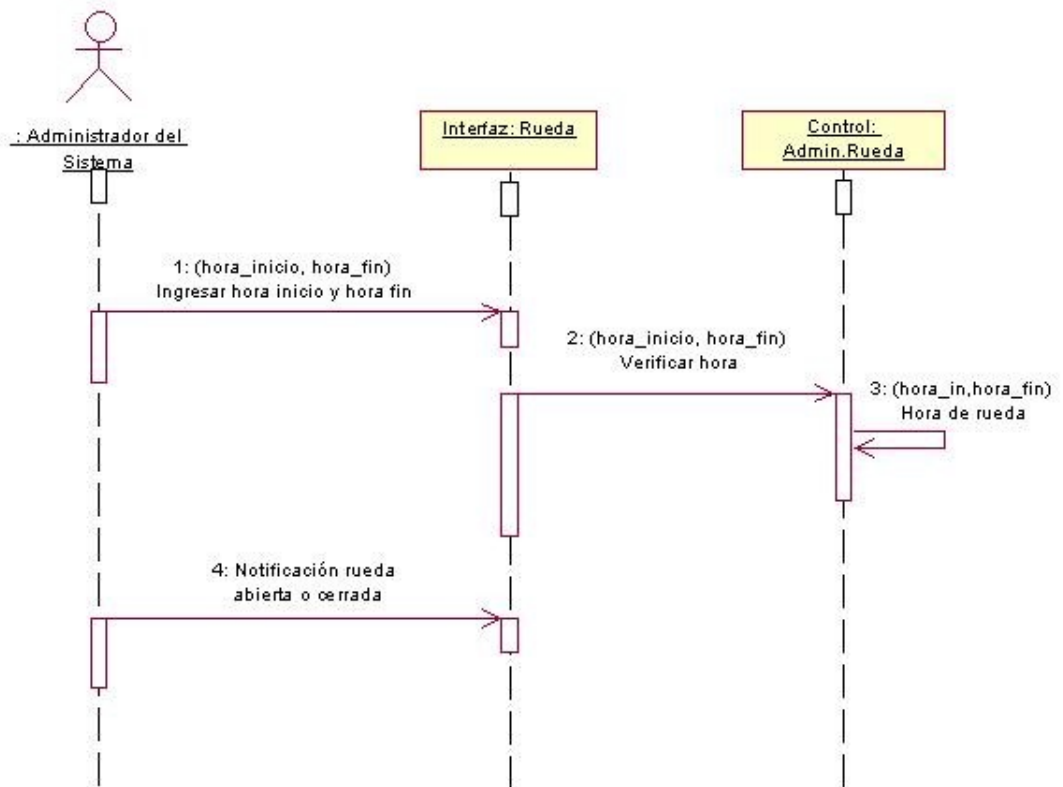


Fuente: Autores del proyecto.

- **Abrir y cerrar rueda.** El administrador del sistema es el encargado de fijar la hora de inicio y cierre de la rueda, asignando un intervalo de tiempo de 8:00am a 3:00pm durante el cual se llevan a cabo todos los procesos pertinentes para la negociación de compra y venta de CDT's, para esto envía los parámetros de hora a la interfaz *Rueda* y posteriormente notificará a los comisionistas para que se inicien las negociaciones.

La Figura 28 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Abrir y cerrar rueda* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador del sistema.

Figura28. Diagrama de secuencia del Caso de uso abrir y cerrar rueda.

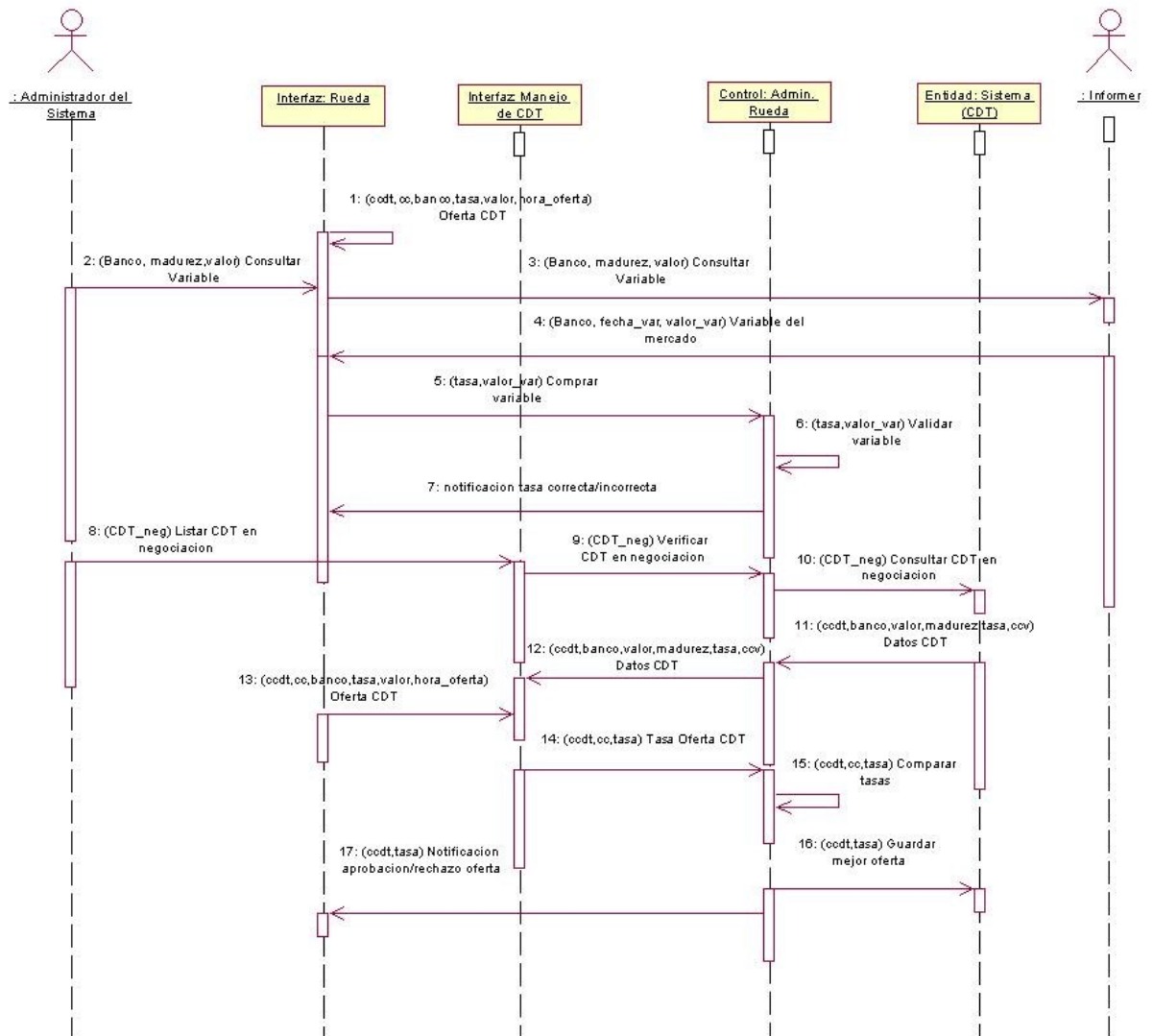


Fuente: Autores del proyecto.

- **Evaluar oferta y seleccionar mejor alternativa:** Durante la rueda de negociación, se evalúan las constantes ofertas de compra, para esto el administrador del sistema debe revisar las variables de la oferta, si existe una mejor oferta, lista el CDT en negociación y revisando la última oferta realizada, posteriormente registra los datos de la nueva oferta en la entidad CDT. Este proceso lo realiza hasta el cierre de la rueda.

La Figura 29 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso *Evaluar oferta y seleccionar mejor alternativa* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador del sistema.

Figura 29. Diagrama de secuencia del caso de uso evaluar oferta y seleccionar mejor alternativa



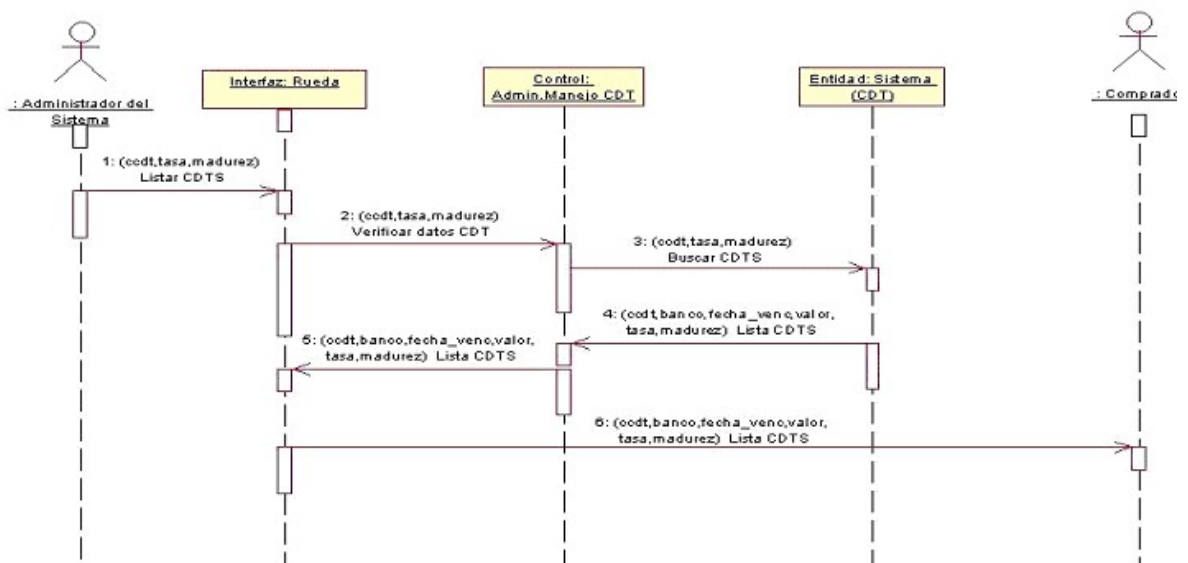
Fuente: Autores del proyecto.

- **Seleccionar CDT solicitado:** Cuando el comprador desea realizar alguna negociación, realiza una petición al administrador del sistema para que le entregue los CDTs que cumplan con las características deseadas, es así

como el administrador lista los títulos por medio del código del CDT, la tasa y la madurez. Finalmente, le entrega los datos del CDT al comprador.

La Figura30 muestra el diagrama de *Seleccionar CDT solicitado* en donde se ilustran las conversaciones por el actor Administrador del sistema.

Figura 30 Diagrama de secuencia del caso de uso seleccionar CDT solicitado.



Fuente: Autores del proyecto.

- **Información:** Como en todo mercado los montos o costos del mercado bursátil deben ajustarse a unas variables que dependen del tipo de

negociación y comportamiento de las negociaciones. Por esta razón, este agente cobra importancia para los comisionistas y para el administrador en la Rueda, ya que gracias a él pueden mantenerse informados acerca de las variables que se manejan en el mercado en la fecha..

- **Proporcionar y filtrar información:** Este caso de uso inicia al recibir la solicitud de una determinada variable de mercado. Para llevar a cabo esta función, se debe pasar el valor del CDT (valor) y la madurez (madurez), una vez esto sucede, el informar se encarga de buscar cuál es su monto, crea una lista de todas las variables que correspondan a la consulta, filtra las variables por la fecha según se la más actual y posteriormente envía de nuevo el valor al que las solicitó.

5.1.2 FASE DE ANÁLISIS

En esta fase se llevan a cabo una serie de actividades, entre las que se encuentran: definición de sub-organizaciones, modelado del ambiente, declaración del modelo de roles e interacciones preliminares.

- ***SUB-ORGANIZACIONES DEL SISTEMA***

El sistema u organización a estudiar es la Bolsa de Valores, la cual se puede descomponer en cuatro subsistemas o sub-organizaciones que facilitan el estudio y el análisis del sistema en su totalidad. Cada uno de los subsistemas tiene funciones y características que los definen y los diferencian de los demás, sin embargo, todos se relacionan de una u otra manera. Las sub-organizaciones identificadas para el caso de estudio son: Sistema, Comisionista, Portafolio y de Información. A continuación se describirán dichas sub-organizaciones con sus respectivas características:

- **Sub-organización del Sistema:** Se encuentra conformada por el agente Administrador del Sistema, cuya función consiste en administrar la rueda, lo cual implica realizar todas las tareas necesarias para que ésta no sólo funcione en completo orden y transparencia, además para informar de cada transacción y cierre de negocio que se efectúe. De esta manera, entre sus funciones se encuentran: fijar los horarios de apertura y cierre de la rueda, evaluar y seleccionar las ofertas que se presenten en la compra de un título valor, aceptar la mejor oferta y finalmente notificar el fin de todos los negocios. Adicionalmente, el administrador del sistema debe mantener el Sistema de la Bolsa de Valores actualizado constantemente para que no existan incoherencias en la información que se suministra. Por este motivo, a las

funciones descritas anteriormente, se le agregan: Registrar a los comisionistas (comprador y vendedor) participantes en las negociaciones, registrar los CDT's a negociar, actualizar los registros del CDT siempre que se haya cerrado algún negocio y finalmente, eliminar los CDT's negociados para que no permanezcan como disponibles en el sistema.

- **Sub-organización Comisionistas:** Está conformada por el comisionista vendedor y comprador, cada uno participando en sus respectivos roles. El primero se interesa por colocar a la venta los CDT's que ha ingresado en el sistema y cumple con ciertas funciones en la sub-organización para llevar a cabo dicha tarea lo primero que debe realizar es la inscripción en el sistema para obtener un registro como comisionista vendedor, hecho esto, podrá ingresar el CDT que desee vender, el cual deberá estar previamente analizado (realizando evaluaciones financieras y revisando las condiciones que ofrece el mercado). Finalmente, el vendedor actualiza su portafolio, notificándole que un CDT ha sido negociado.

Por otra parte, el comprador es el encargado de emitir ofertas de compra de un determinado título, ante un administrador de bolsa de valores. Para cumplir este objetivo debe:

- Registrarse como comprador ante un administrador de bolsa de valores, para poder tener acceso al mercado y realizar peticiones.
 - Realizar una solicitud ante el administrador de la bolsa, en la cual le especifican las características de los títulos que esta interesado en adquirir.
 - Emitir una oferta al administrador, en espera de que ésta sea aprobada o rechazada.
 - Si la oferta fue aprobada, el comprador debe emitir una notificación al portafolio para que éste realice las actualizaciones pertinentes en su sistema. En caso contrario, deberá esperar a una nueva puja para ofertar su CDT.
- **Sub-organización Portafolio:** El sub-sistema portafolio es de gran importancia en el momento de realizar compras o ventas de CDT's. El papel que el portafolio desempeña dentro de este sub-sistema es el de mantener actualizada la base de datos de los comisionistas. Para llevar a cabo esta función el portafolio debe sincronizar fechas, con el fin de mantener la fecha del portafolio acorde a la manejada por el sistema de la rueda; mantener al día los datos de los CDT's, modificándolos y/o eliminándolos ya sea porque fueron negociados –en caso tal deberá mover la información concerniente al CDT a un *Historial* -, o porque su fecha de expiración ha caducado; además, debe

realizar informes en los que mostrará las modificaciones que se llevaron a cabo durante el transcurso del día.

- **Sub-organización de Información:** Este sub- sistema está formado por el agente informar , el cual interactúa con el ambiente del Mercado, buscando las variables y su respectivo valor, tomando los datos de acuerdo a la fecha más recientemente publicada en el mercado .

- **MODELADO DEL AMBIENTE**

En ésta fase de análisis se modelan los permisos que van a tener los actores para llevar a cabo sus procesos dentro del sistema de la BVC. Para el funcionamiento de la Bolsa de Valores, se requiere la interacción de dos ambientes:

1. El ambiente del Mercado, en el cual sólo se encuentra el agente Informer. Este ambiente es el encargado de proporcionar los valores de las variables del mercado que influyen en los precios, tasas y proyecciones de los títulos valores. Teniendo en cuenta que estas variables cambian constantemente y que no pueden ser modificadas, ya que se obtienen según el

comportamiento histórico del mercado, se hace indispensable incluir este contexto en el modelado de la organización.

2. El ambiente de la Bolsa de Valores como tal, en donde se ubican los agentes comisionistas en sus diferentes roles (comprador, vendedor y administrador del portafolio) y el administrador del sistema. Aquí se llevan a cabo las negociaciones y se encuentra la información que los comisionistas leen y modifican para poder acceder a la Bolsa y realizar las respectivas transacciones. Así mismo, se encuentran las variables que el Administrador del sistema analiza para cumplir con sus funciones y asegurar la eficacia y la eficiencia de las actividades que se realizan a lo largo de la rueda de negociaciones, salvaguardando los activos de los participantes. Sin embargo, en la organización existen ciertas restricciones para modificar los datos del ambiente que puedan crear inconsistencias en el desarrollo de las actividades, ya que el objetivo del sistema es crear un escenario transparente para todos los comisionistas.

A continuación se presentan los permisos que cada agente puede desarrollar a lo largo de la rueda de negociación, ya sea leyendo variables o modificándolas, según los roles que asuman en un determinado momento.

Tabla6 Modelado del ambiente del administrador del sistema

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA:	NOTACIÓN	DEFINICIÓN
Lee	hora_sistema	<i>El administrador lee la hora del sistema para conocer en que momento debe cerrar o abrir la rueda.</i>
Cambia	hora_inicio hora_cierre	<i>Hora de inicio de la rueda. Hora de cierre de la rueda.</i>
Lee	Oferta_compra[i], i = 1, totaloferta CDT [i], i = 1, totalCDT	<i>Todas las ofertas de compra de diferentes CDTs guardadas en una Base de Datos. Todos los CDTs guardados en una Base de Datos.</i>
Cambia	notificación_fin_negocio[i], i=1, totalnegocios	<i>Todos los negocios cerrados.</i>
Lee	Oferta_compra[i], i = 1, totaloferta Hora_oferta[i], i = 1, totaloferta CDT [i], i = 1, totalCDT	<i>Todas las ofertas de compra para cada CDT. Todos los CDTs.</i>
Cambia	registro_CDT[i], i= 1, totalCDT datos_comisionistavendedor[i], i=1, totalcomisionista	<i>Registros del CDT que ha sido vendido. Datos de los comisionistas vendedores que han cerrado algún negocio</i>
Cambia	registro_CDT[i], i = 1, totalCDTnegociado	<i>registros de los CDTs negociados</i>
Lee	datos_comisionista[i], i=1, totalcomisionista	<i>Datos de los comisionistas a registrarse</i>
Cambia	registro_comisionista[i], i=1, total comisionistaregistrado	<i>Total comisionistas registrados</i>

Genera	nuevo_comisionista [i]	
---------------	------------------------	--

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 7 Modelado del ambiente del comisionista comprador

COMISIONISTA COMPRADOR		
Lee	requisitos inscripción	<i>Conocer los requisitos para ingresar a la bolsa</i>
	CDT[i], i = 1, Lista_CDT_comprar	<i>Informe de CDTs solicitados al administrador de la bolsa</i>
	CDT[i], i = 1, Lista_CDT_comprar	<i>Informe de CDTs solicitados al administrador de la bolsa</i>
	notificación compra	<i>Notificación del administrador del sistema</i>
Lee	CDT_negociado [i], i = 1, totalCDTnegociado	<i>Todos los CDTs que han sido vendidos</i>
Cambia	registro_CDT[i], i = 1, totalCDTnegociado	<i>Registros de los CDTs negociados</i>
Lee	datos_comisionista[i], i = 1, totalcomisionistaregistrado	<i>Todos los comisionistas que colocan CDTs</i>
Cambia	CDT[i], i=1, totalCDTcolocado	<i>Todos los CDTs que han sido colocados.</i>
Genera	nuevo_CDT [i]	
Lee	datos_comisionistacomprador[i], i=1, totalcomisionista	<i>Datos de los comisionistas compradores que han cerrado algún negocio</i>

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 8. Modelado del ambiente comisionista vendedor

COMISIONISTA VENDEDOR		
Lee	registro_CDT[i], i = 1, totalCDTnegociado	<i>Registros de los CDTs vendidos</i>
	requisitos inscripción	<i>Conocer los requisitos para ingresar a la bolsa</i>

Fuente: Autores del proyecto.

• ROLES PRELIMINARES

En esta fase se identificarán de forma general los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro del sistema de la BVC. Con su primera visualización se identificarán permisos y comportamientos esperados en cada uno de los procesos.

Las Tablas de la 9 y 10 describen la clasificación en la fase de sub-organización, teniendo en cuenta la implementación del formato prescrito por la metodología Gaia II y la simbología que ésta utiliza para su modelado.

Tabla 9. Modelado de Departamentos.

DEPARTAMENTOS	ROLES	DESCRIPCIÓN
Departamento de Comisionistas	<i>Comprador</i>	Se encarga de encapsular las acciones que un comisionista realiza para efectuar la compra de un CDT que se encuentre en el sistema electrónico de la bolsa, sus acciones van desde el ingreso al sistema electrónico, el filtrado de CDT's hasta el envío de condiciones de compra y la realización de la compra.

	<i>Vendedor</i>	Es el encargado de la venta de CDT's. Adicionalmente, debe ingresar al sistema electrónico y colocar su CDT para que el administrador de la bolsa realice la negociación por él.
Departamento de Información	<i>Informer</i>	Se encarga de buscar los valores de las variables del mercado que los agentes necesitan para realizar las negociaciones y las evaluaciones financieras
Departamento de Portafolio	<i>Administrador de Portafolio</i>	Se encarga de administrar los CDT's que el comisionista está manejando o se encuentra negociando. Las actividades asociadas a él son: actualizar el portafolio, que consiste en ir eliminando o agregando CDT's dependiendo de los eventos que sucedan; y registrar la información de los CDT's.
Departamento de Sistema	<i>Administrador del Sistema</i>	Se encarga de administrar el ingreso de los comisionistas, de registrar los CDT's y de controlar el comportamiento de la bolsa y de realizar las negociaciones en nombre de los compradores y vendedores que se encuentran registrados en su sistema. Además, es el encargado de abrir y cerrar la rueda de negociación, permitiendo que las transacciones sólo sean realizadas en el lapso de duración de ésta. También evalúa y selecciona la mejor oferta de compra y notifica a los comisionistas el cierre del negocio. Finalmente, actualiza y elimina los registros de los CDTs vendidos.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Departamento de Sistema:** En la sección 3.5.1, se detalla claramente el funcionamiento del departamento de sistemas y las tareas asignadas a él.

Tabla 10. Rol administrador del Sistema

Esquema del Rol:	Administrador del Sistema
Descripción	
<p>Se encarga de asignar el tiempo de apertura de la rueda, permitiendo que las negociaciones sólo sean realizadas en el lapso de duración de ésta. Así mismo, debe registrar a los comisionistas y los CDTs ; evaluar y seleccionar la mejor oferta de compra y notificar a los comisionistas el cierre del negocio. Finalmente, actualiza y elimina los registros de los CDTs vendidos.</p>	
Protocolos y Actividades	
<p><u>Fijar hora</u>, <u>Abrir rueda</u>, <u>Cerrar rueda</u>, <u>Enviar registro al comisionista</u>, <u>Registrar comisionista</u>, <u>Recibir CDT</u>, <u>Solicitud de variable del mercado</u>, <u>Registrar CDT</u>, <u>Actualizar registro CDT</u>, <u>Informar horario</u>, <u>Recibir oferta</u>, <u>Evaluar oferta</u>, <u>Seleccionar oferta</u>, <u>Notificar fin de negocio</u>, <u>Eliminar registro CDT</u>,</p>	
Permisos	
Lee	<p>hora_sistema hora_oferta[i] hora_negocio[i] Oferta_compra[i] CDT [i] CDT_negociado [i] registro_CDT[i] datos_comisionista[i]</p>
Cambia	<p>hora_inicio hora_cierre registro_CDT[i] registro_comisionista[i]</p>
Genera	<p>nuevo_comisionista[i] Nuevo_CDT[i]</p>
Responsabilidades	
Vivacidad	<p>Administrador del Sistema =((<u>Fijar hora</u>, <u>Abrir rueda</u>, <u>Cerrar rueda</u>, <u>Informar horario</u>) (((<u>Recibir oferta</u>, <u>Evaluar oferta</u>)^w, <u>Seleccionar oferta</u>, <u>Notificar fin de Negocio</u>)</p>

((Registrar comisionista. Enviar registro al comisionista. Recibir CDT, Registrar CDT. Actualizar registro CDT. Eliminar registro CDT.))

Seguridad hora_inicio = 8 a. m
hora_cierre = 3 p. m
oferta_seleccionada == 1
variables_oferta == variables_mercado
hora_inicio < Recibir oferta < hora_cierre
datos_comisionista = = true
variables_CDT == variables_mercado
hora_inicio < registrar CDT < hora_cierre
hora_inicio < registrar comisionista < hora_cierre

Fuente: Autores del proyecto.

- **Departamento de Comisionista:** El departamento de comisionista agrupa los dos roles de los actores que participan en la negociación, estos son el Rol de Comisionista Comprador y el Rol de Comisionista Vendedor. En la Sección 3.4.1. se describe cada uno de éstos actores. Las Tablas 11 y 12 describen los roles de los comisionistas.

Tabla 11. Rol comisionista vendedor

Esquema del Rol:	Vendedor
Descripción	
Se encarga de validar ante su portafolio para conocer los CDT's disponibles para la venta, luego deberá inscribirse o validarse ante el administrador de la bolsa de valores y posteriormente, ingresar los CDT's que desee ofrecer para la venta y que ya ha consultado con anterioridad, para finalmente notificar a su portafolio el cierre de algún negocio.	
Protocolos y Actividades	
Validarse Portafolio, (Inscribirse en el sistema Validar sistema), Solicitud variable del mercado, <u>Evaluar CDT</u> , Inscribir CDT, Notifica fin de negocio	
Permisos	
Lee	Requisitos de inscripción
Responsabilidades	
Vivacidad	Vendedor = (Validar Portafolio, (Inscribirse en el sistema Validar sistema. Solicitud variable del mercado. <u>Evaluar CDT</u> . Inscribir CDT. Notifica fin de negocio)
Seguridad	Variables_CDT == variables_mercado hora_inicio < registro_comisionista < hora_cierre hora_inicio < lista_CDT_vender < hora_cierre

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 12 Rol comisionista comprador

Esquema del Rol:	Comprador
Descripción	
Se encarga de validar ante el portafolio para conocer la lista de CDT's que esta interesado en adquirir, luego deberá inscribirse o validarse en la bolsa de valores ante el administrador de la bolsa, con el fin de formar parte del sistema. Debe solicitar al administrador del sistema los CDT's que se adecuan a los parámetros establecidos por en la Base de Datos de su	

<p>administrador del portafolio, luego realiza las proyecciones y evaluaciones pertinentes, para lo cual solicita variables del mercado y posteriormente envía una solicitud de compra.</p>	
<p>Protocolos y Actividades</p> <p>Validar Portafolio, (Petición de inscripción Validar sistema), Solicitud CDT, Solicitud variable del mercado. <u>Realizar proyecciones.</u> <u>Elige CDT compra.</u> Oferta de compra. Notificar portafolio.</p>	
<p>Permisos</p>	
<p>Lee</p>	<p>Requisitos de inscripción CDT_mercado[i]</p>
<p>Responsabilidades</p>	
<p>Vivacidad</p>	<p>Comprador = (Validar Portafolio, (Petición de inscripción Validar sistema). Solicitud CDT.Solicitud variable del mercado, <u>Realizar Proyecciones.</u> <u>Elige CDT compra.</u> Oferta de compra. Notificar portafolio)+</p>
<p>Seguridad</p>	<p># CDT_comprar>0 Registro_comprador = = true # Lista a filtrar>0 Comprador(CDT[i])!= null Var_mercado != null hora_inicio < registro_comisionista < hora_cierre hora_inicio< lista_CDT_comprar <hora_cierre</p>

Fuente: Autores del proyecto

Departamento de Portafolio: La descripción del rol Administrador del Portafolio, presentada en la sección 3.4.1, se resume en la Tabla 13.

Tabla13. Rol administrador del portafolio

Equema del Rol		Administrador del Portafolio
Descripción		
<p>Se encarga de tomar la fecha del sistema de la bolsa para sincronizar su portafolio, según la fecha de negociación que se está manejando, evitando así inconsistencias en las negociaciones. Además, si es el caso del vendedor, debe eliminar los CDT's que ya han sido vendidos y los envía a un historial. Si es el caso del comprador, se encarga de actualizar los CDT ingresándolos al sistema y almacenarlos en un historial también. Al final del día informar de los cambios que ocurrieron durante el transcurso de negociación.</p>		
Protocolos y Actividades		
<p><u>Adquirir fecha sistema</u>, <u>Comparar fechas</u>, <u>Modificar fechas</u>, <u>Notificar portafolio</u>, <u>Eliminar CDT vencido</u>, <u>Eliminar CDT negociado</u>, <u>Guardar CDT comprado</u>, <u>Guardar en el historial</u>, <u>Informar cambios</u></p>		
Permisos		
Lee	CDT[i], i = CDT hora_sistema	
Cambia	Lista_CDT[i][j], i = CDT_neg Historial_CDT[i], i= CDT_neg	
Responsabilidades		
Vivacidad	Actualizar portafolio = (<u>Adquirir fecha sistema</u> . <u>Comparar fechas</u> . <u>Modificar fechas</u> . <u>Notificar portafolio</u> . <u>Eliminar CDT vencido</u> . <u>Eliminar CDT negociado</u> . <u>Guardar CDT comprado</u> . <u>Guardar en el historial</u> . <u>Informar cambios</u>)	
Seguridad	notificacion_venta_CDT notificacion_compra_CDT fecha madurez CDT >= fecha actual ±Tneg(8-10)	

Fuente: Autores del proyecto

- **Departamento de Información:** La Tabla 14 describe el esquema del rol Informer.

Tabla14. Rol informer

Equema del Rol:	Informer
Descripción	Se encarga de buscar y recuperar los datos de las variables solicitadas por los diferentes agentes ya sea comisionista o Administrador del sistema, devolviéndoles el valor y la fecha con que se encontraron las variables solicitadas en el mercado.
Protocolos y Actividades	Listar variables, buscar en el mercado
Permisos	
Leer	nom_var[i]
Responsabilidades	
Vivacidad	Informer = (Listar variables, buscar en el mercado)+
Seguridad	solicitud variable == true

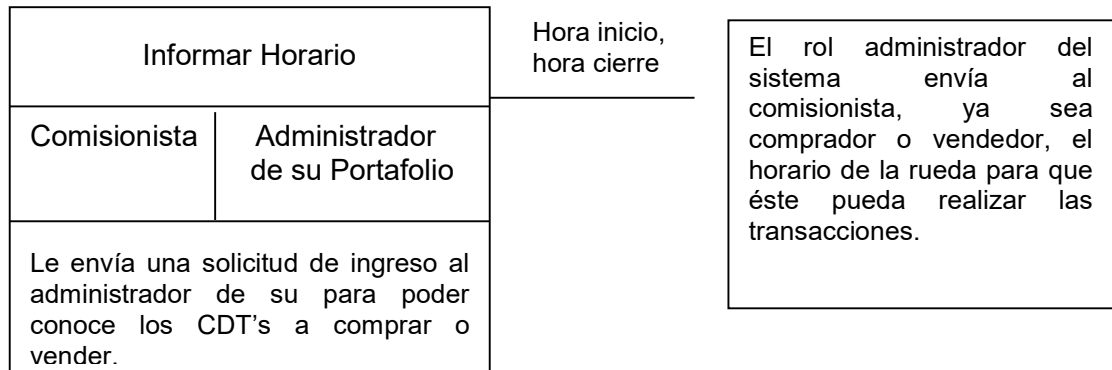
Fuente: Autores del proyecto

- **MODELO DE INTERACCIÓN**

En esta fase se identifican cada una de las interacciones encontradas en la creación de los roles descrita anteriormente y se crea una por cada una de las relaciones presentadas. Las Figuras de la 31 a la 43 describen las interacciones

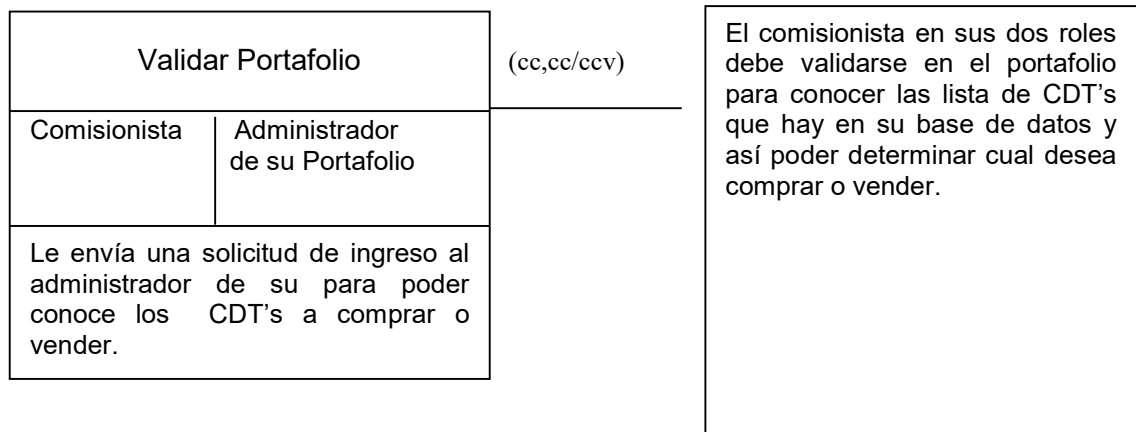
identificadas en la creación de los roles. En la sección 3.4.1 se presenta de manera detallada la estructura de un protocolo.

Figura 31. Protocolo preliminar de informar horario.



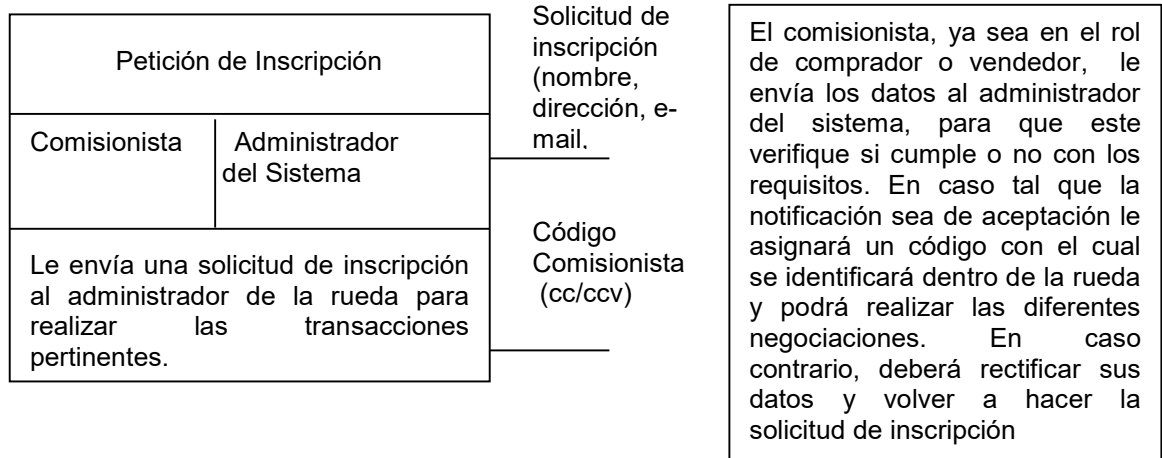
Fuente: Autores del proyecto

Fiura32. Protocolo preliminar de validar portafolio.



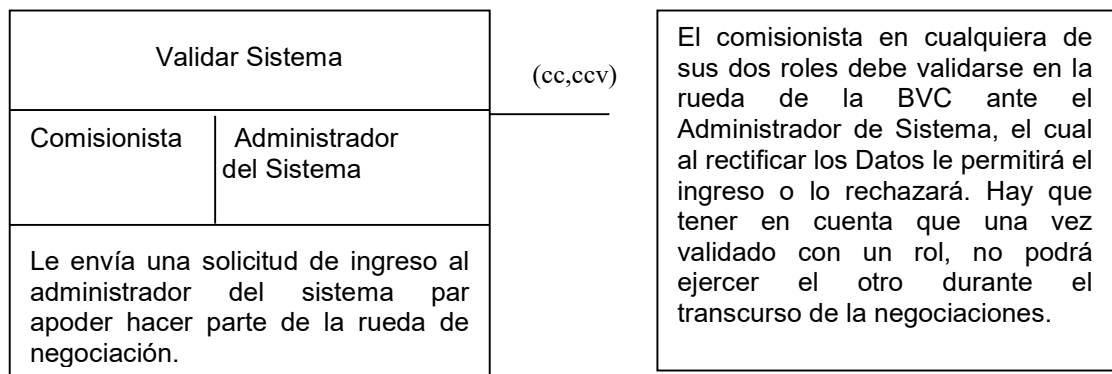
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 33. Protocolo preliminar de petición de inscripción



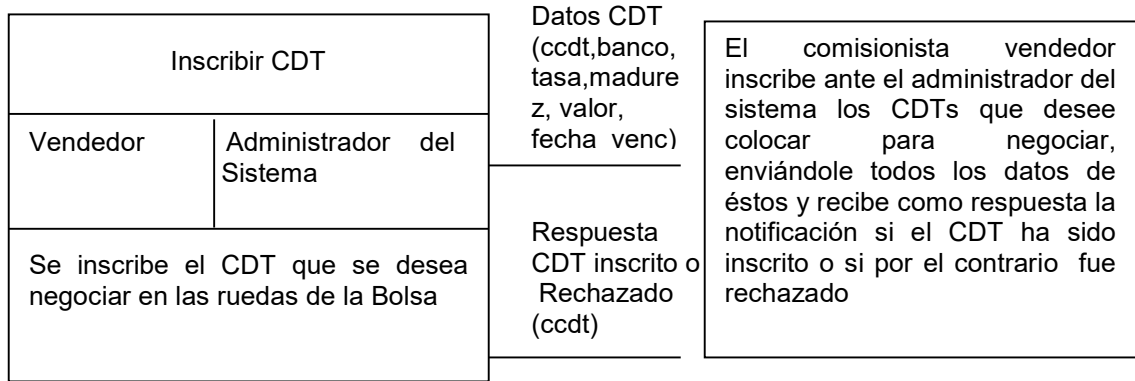
Fuente: Autores del proyecto

Figura 34. Protocolo preliminar de validar sistema



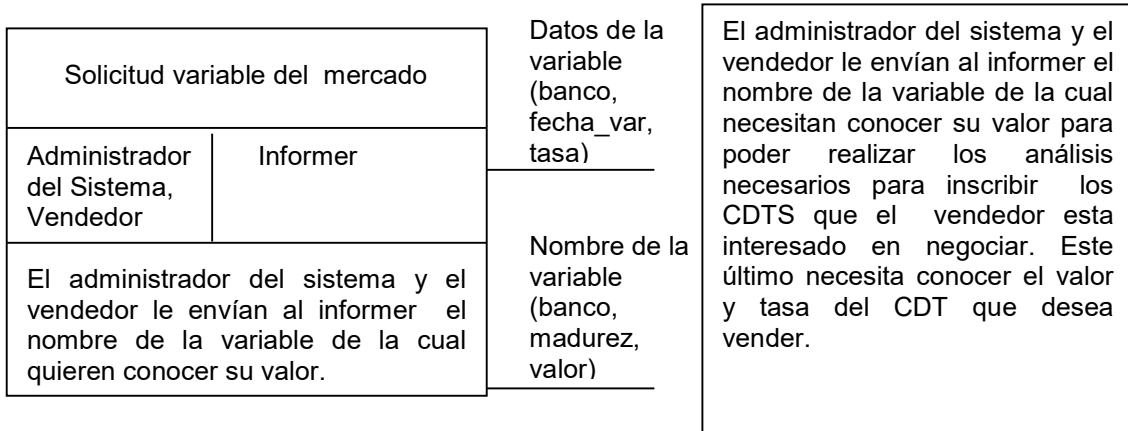
Fuente: Autores del proyecto

Figura 35. Protocolo preliminar de inscribir CDT .



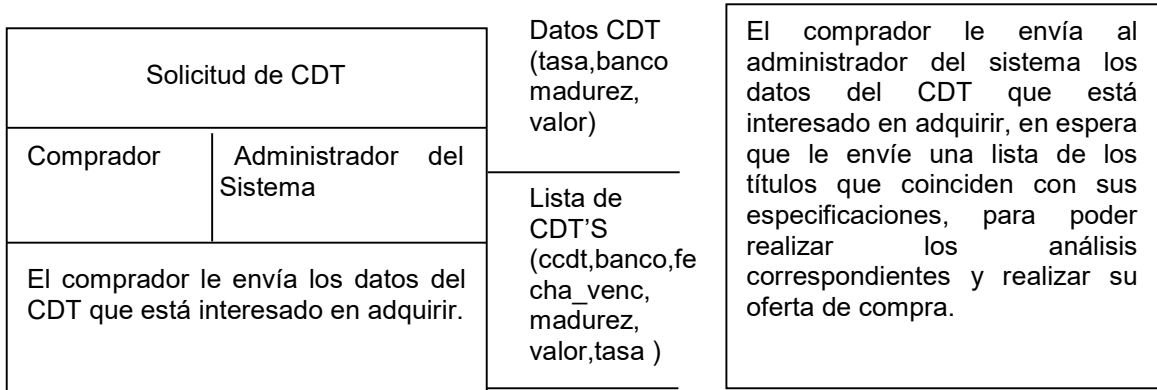
Fuente: Autores del proyecto

Figura 36. Protocolo preliminar de solicitud variable del mercado.



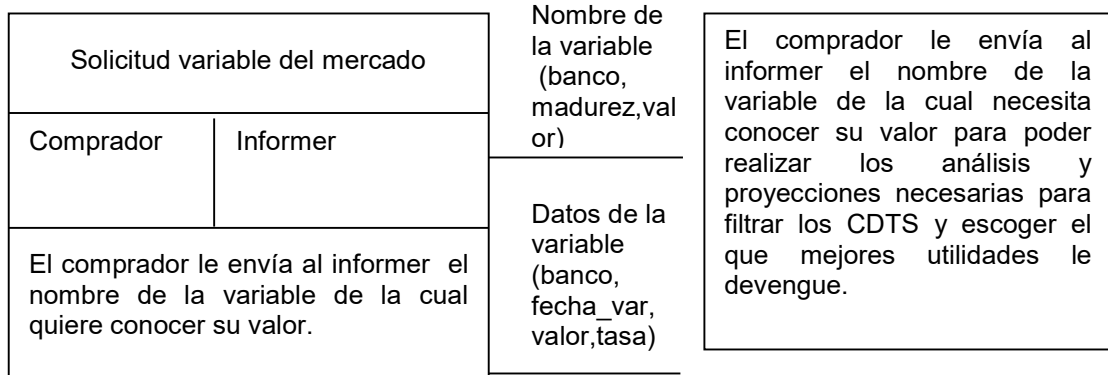
Fuente: Autores del proyecto

Figura37. Protocolo preliminar de solicitud de CDT .



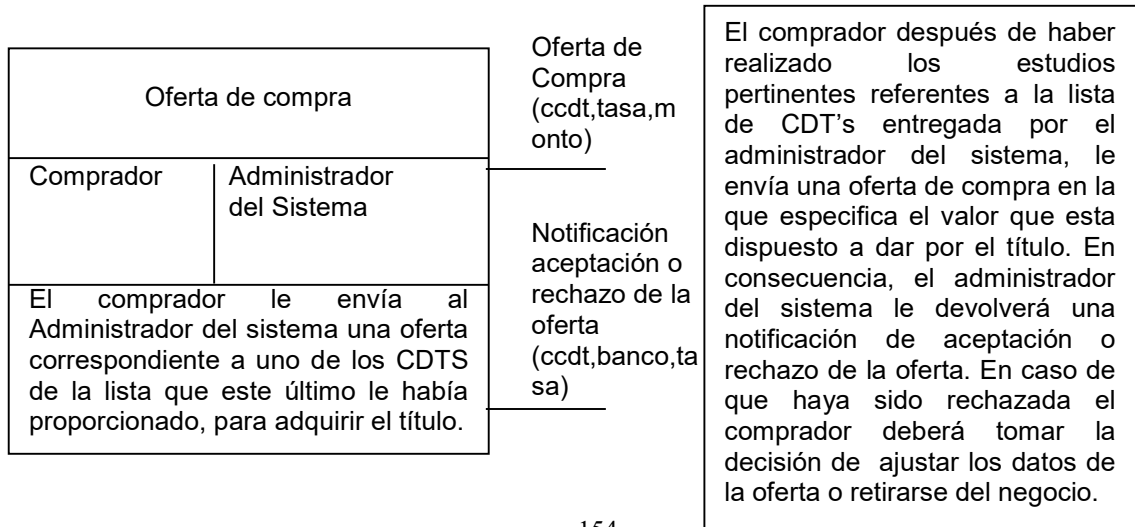
Fuente: Autores del proyecto

Figura 38. Protocolo preliminar de solicitud variable del mercado comprador



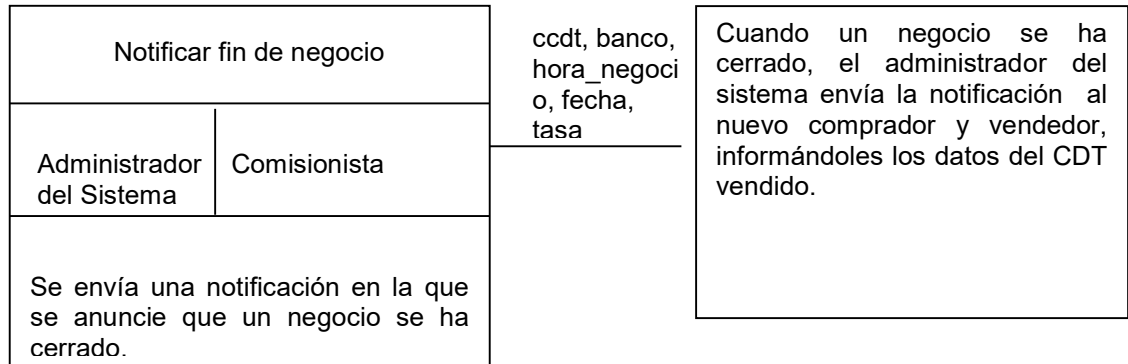
Fuente: Autores del proyecto

Figura 39. Protocolo preliminar de oferta de compra.



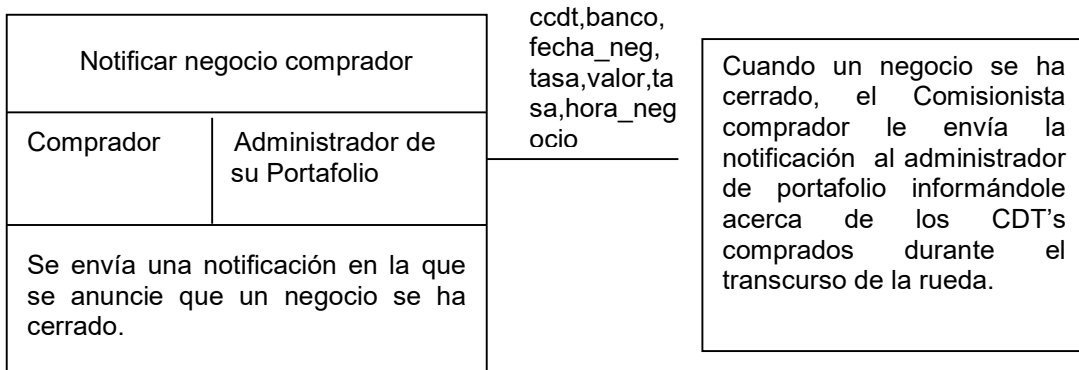
Fuente: Autores del proyecto

Figura 40. Protocolo preliminar notificar fin de negocio del administrador del sistema al comisionista



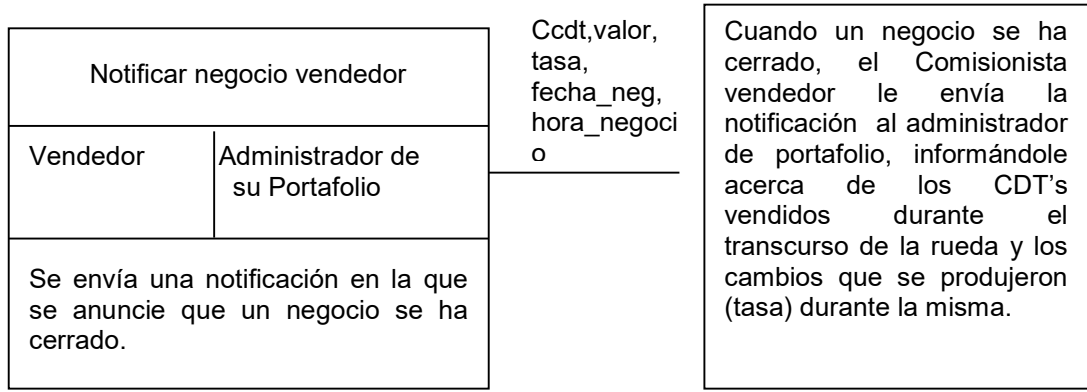
Fuente: Autores del proyecto

Figura 41. Protocolo preliminar notificar negocio comprador



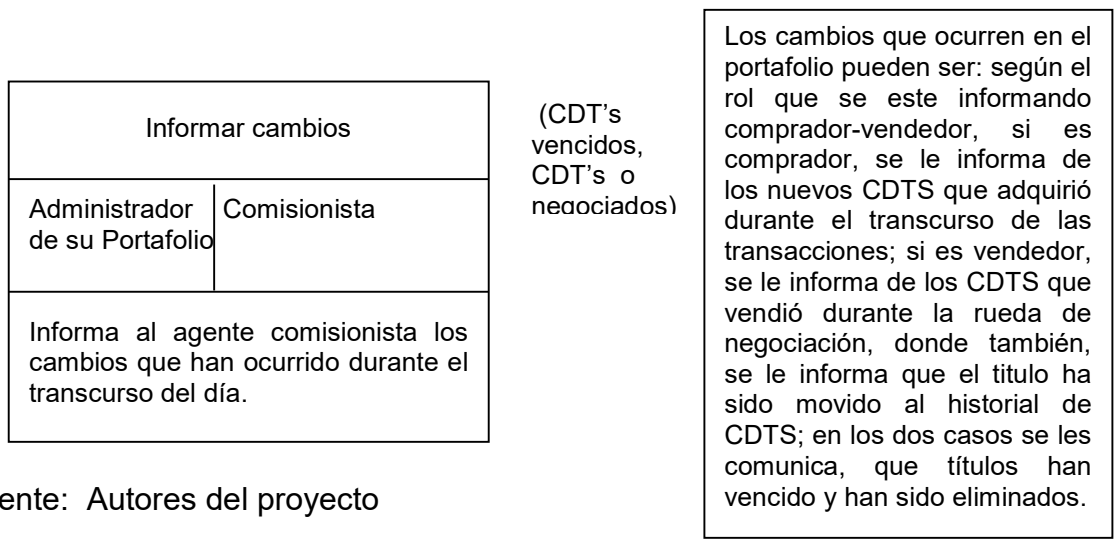
Fuente: Autores del proyecto

Figura 42 . Protocolo preliminar notificar fin de negocio vendedor.



Fuente: Autores del proyecto

Figura 43. Protocolo preliminar de informar cambios



Fuente: Autores del proyecto

5.1.3 Reglas de la Organización

En esta fase se especifican las reglas institucionales o del ambiente de la rueda de negociación, las cuales tienen que ser respetadas cada uno de los roles que en ella se desarrollan. A continuación se describirán cada una de las reglas y en la parte inferior su escritura matemática.

Las reglas generales de la bolsa de valores para negociar títulos de renta son:

1. Todo título que se va a negociar debe estar registrado en el sistema
2. Todo comisionista, para poder realizar las negociaciones debe inscribirse en la bolsa ante un administrador y especificar el rol que va a desempeñar, ya sea como comprador o vendedor.
3. Las transacciones sólo pueden efectuarse dentro de la rueda de negociaciones, que corresponde al intervalo de tiempo establecido por el administrador del sistema para realizar dichas actividades.
4. Todo CDT a negociar debe estar sujeto al valor de las variables del mercado en el momento de su colocación.
5. Toda oferta que realice un comprador debe ser mayor a oferta anterior para poder llegar a ser aceptada.
6. Toda oferta de compra debe ser evaluada por el administrador del sistema.
7. Para efectuar una compra o colocación de un CDT se debe tener conocimiento previo de las variables del mercado y de los CDT que se ajusten a sus necesidades.

8. En el desarrollo de la negociación se deben mantener informados a los comisionistas que han realizado ofertas de compra, sobre la existencia de mejores ofertas o de la aprobación del negocio.
9. Al cierre de la rueda de negociaciones no se pueden inscribir comisionistas ni realizar transacciones.
10. Todo comisionista vendedor debe mantener un portafolio donde se encuentren los CDT's que va a vender.
11. Todo comisionista comprador debe mantener un portafolio donde se encuentren los CDT's va a comprar.
12. Todo comisionista vendedor, al culminar la rueda de negociación debe actualizar su portafolio.
13. Todo comisionista comprador, al culminar la rueda de negociación debe actualizar su portafolio.
14. Todo CDT que haya sido negociado debe ser eliminado del portafolio y enviado al historial de títulos.
15. Toda fecha de vencimiento del CDT debe ser mayor a la fecha de negociación.
16. Se debe mantener actualizado y ordenado el sistema de mercado bursátil.

Notaciones:

1. \forall CDT/ CDT_a_negociar \rightarrow CDT_Registrado_Sistema.

2. $\forall (\text{Comisionista_vendedor } [i] \vee \text{Comisionista_comprador}[i]) / (\text{Comisionista_vendedor}(\text{vende}) \vee \text{Comisionista_comprador}(\text{compra})) \Leftrightarrow \text{Comisionista_registrado}.$
3. $\forall \text{CDT}[i]_{\text{a_negociar}} \in \text{Rueda_neg} \pm T(8,10)$
4. $\text{Variables CDT } [i] == \text{Variables_Mercado}.$
5. $\forall \text{oferta_comprador}[i] \rightarrow \text{Adm_sistema_aprovar}$
6. $\text{precio_oferta_comprador}[i] > \text{precio_oferta_comprador}[j] \rightarrow \text{oferta_comprador}[i]$
7. $\forall \text{comprador}[i] / \text{oferta_comp} \Leftrightarrow (\text{Var_mercado} \wedge \text{Selección_CDT})$
8. $\forall \text{comprador } [i] / \text{oferta_comp} \rightarrow \text{notific_compra} \vee \text{notific_rechazo}$
9. $T=3 > \text{Rueda_neg} > T=8 \rightarrow \neg(\text{oferta_compra}, \text{oferta_venta}, \text{Comisionista_inscrito})$
10. $\forall (\text{Comisionista_vendedor } [i]) \rightarrow \text{portafolio}(\text{vendedor}[i])$
11. $\forall (\text{Comisionista_comprador}[i]) \rightarrow \text{portafolio}(\text{comprador } [i])$
12. $\forall (\text{Comisionista_vendedor } [i]) / \text{Rueda_neg} > T=3 \rightarrow \text{portafolio_actualizado}(\text{vendedor}[i])$
13. $\forall (\text{Comisionista_comprador}[i]) / \text{Rueda_neg} > T=3 \rightarrow \text{portafolio_actualizado}(\text{comprador } [i])$
14. $\forall \text{comprador}[i], \text{vendedor}[i] / (\text{compra_aprobada}, \text{venta_aprobada} \wedge \text{CDT_vigente}) \rightarrow \text{Elim_CDT_portafolio}(\text{comprador } [i]) \vee \text{Elim_CDT_portafolio}(\text{vendedor } [i]), \text{Ingresa_CDT-historial}$
15. $\forall \text{Fecha_venc_CDT} > \text{Fecha_neg_CDT}$

5.3 APLICACIÓN DEL MODELO FIRE

Al calificar la confianza, los pasos que debe seguir un comisionista que ingresa por primera vez al sistema son:

1. Inscribirse e ingresar a la rueda.
2. Solicitar calificación al administrador del sistema de acuerdo a la interacción que desee analizar: (Informar horario, Solicitud de CDT, Oferta de compra, Notificar fin de negocio), esta calificación hace referencia a los Certificados de Reputación. El administrador busca en la Base de Datos que maneja, la tabla denominada "Certificados" y retorna un promedio de todas las calificaciones obtenidas durante los últimos 15 días en las interacciones solicitadas.
3. Luego, el Administrador le muestra las calificaciones guardadas en la Base de Datos de confianza. En esta base de datos el Administrador sólo puede mostrar los datos, pero nunca modificarlos o eliminarlos. En este punto se aplican los Testigos de Reputación (ver sección 4.4.3) y se muestran los resultados de las calificaciones de las interacciones Basadas en Roles (Ver Sección 4.4.3). Así mismo se podrá obtener la diferencia entre los valores obtenidos y los esperados en cada interacción directa.

4. Realiza los contratos (Ver Sección.4.4.1). De acuerdo a los datos analizados, elabora un contrato donde especifica los valores que espera obtener de la interacción directa con el administrador del sistema.
5. Interactúa con el Sistema, ya sea comprando o vendiendo.
6. El comisionista realiza un nuevo contrato, donde califica el comportamiento del administrador, introduce los nuevos valores de interacción y calcula la diferencia entre los valores esperados. Este contrato es enviado a la Base de Datos de su Portafolio. Al mismo tiempo debe calificar la interacción de acuerdo a los roles. Este contrato y la diferencia de valores del contrato de interacciones directas deben ser guardados en la Base de Datos pública. El comisionista no podrá retirarse del sistema, hasta que no haya realizado la respectiva calificación.
7. Finalmente, las calificaciones son enviadas a la Base de Datos y el administrador también actualiza sus certificados.

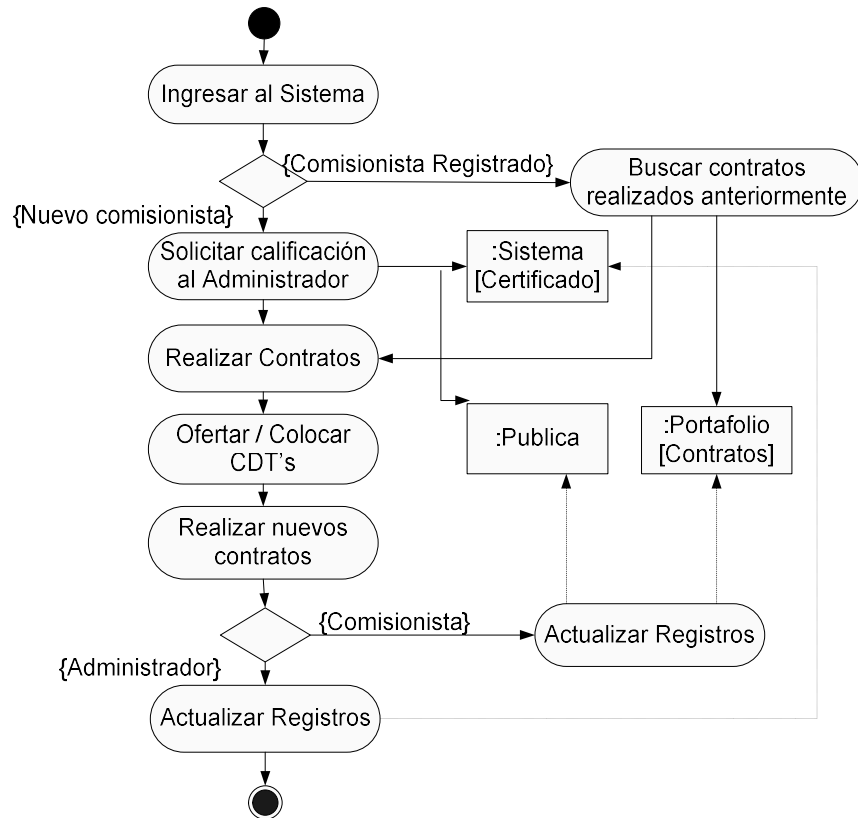
Los pasos que sigue un comisionista registrado son:

1. Ingresar a la rueda.

2. Buscar en la Base de Datos de su Portafolio los contratos realizados anteriormente con el administrador del sistema de acuerdo a la interacción hecha: (Informar horario, Solicitud de CDT, Oferta de compra, Notificar fin de negocio). Aquí observa la diferencia de valores entre los contratos esperados y los obtenidos.
3. Realiza los contratos
4. Interactúa con el Sistema.
5. El comisionista realiza un nuevo contrato. Se realiza el mismo procedimiento cuando es un nuevo comisionista.
6. Finalmente, las calificaciones son enviadas a la Base de Datos y el administrador también actualiza sus certificados.

La Figura 44 ilustra el funcionamiento de los comisionistas en la BVC aplicando el modelo de confianza:

Figura 44. Modelo de confianza aplicado a la Bolsa de Valores de Colombia



Fuente: Autores del proyecto

5.3.1 MODELO DE FIRE APLICADO AL CASO DE LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA

A continuación se describen las reglas del modelo FIRE (Sección 4.4.3) aplicado al caso de estudio de la BVC.

Nivel 1: Confianza de Interacción (IT).

Las interacciones a evaluar en el sistema son:

Comprador:

Negociación adecuada
Negociaciones efectuadas

Vendedor:

Calidad oferta seleccionada
Negociaciones efectuadas

Las siguientes son las reglas que tienen la forma:

$$r = (a, b, i, c, v)$$

AGENTES PARTICIPANTES: COMPRADOR --- ADMINISTRADOR DEL SISTEMA

1. $r = (\text{comprador, administrador del sistema, oferta de compra, negociación adecuada, } _v__)$

2. $r = (\text{comprador, administrador del sistema, notificar fin de negocio, negociaciones efectuadas, } _v__)$.

AGENTES PARTICIPANTES: VENDEDOR --- ADMINISTRADOR DEL SISTEMA

1. $r = (\text{vendedor, administrador del sistema, notificar fin de negocio, calidad oferta seleccionada, } _v__)$.

2. $r = (\text{vendedor, administrador del sistema, notificar fin de negocio, negociaciones efectuadas, } _v__)$.

En esta parte se utilizan las siguientes fórmulas estudiadas en la Sección 4.4.3

$$\bullet \quad IT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (1)$$

$$\bullet \quad Pn(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases} \quad (2)$$

$$\bullet \quad Pd(a,b,c) = 1 - \frac{\sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * |vi - IT(a,b,c)|}{2} \quad (3)$$

- $pIT(a, b, c) = Pn(a, b, c) * Pd(a, b, c)$ (4)

- **Nivel 2: Confianza Basada en Roles (RT).**

Las reglas tienen la siguiente forma:

regla: (rol a, rol b, c ,vD, eD)

La suma de los pesos en un una misma regla debe ser igual a 1 y se han tomado de la siguiente manera:

- **Comprador:** Negociación adecuada (0.6), Negociaciones efectuadas (0.4)
- **Vendedor:** Negociaciones efectuadas (0.4), Calidad en oferta seleccionada (0.6).

Aplicando las reglas a la BVC y teniendo en cuenta los contratos se obtiene:

Oferta de compra

Regla1= (comprador, administrador del sistema, negociación adecuada, vD, 0.6)

Representa el valor en el cual el administrador compró el CDT y el dinero que le ahorró al comprador.

Notificar fin de Negocio

- Regla2= (comprador, administrador del sistema, negociaciones efectuadas, vD, 0.4)

Mide la cantidad de CDTs que el administrador negoció para el comprador en una rueda.

Notificar fin de Negocio

- Regla3= (vendedor, administrador del sistema, calidad en oferta seleccionada, vD, 0.6)

El vendedor espera que su CDT haya sido vendido por lo menos en la tasa que el colocó en el título al registrarlo ante el administrador del sistema, con lo cual espera un nivel de ganancia.

- Regla4= (vendedor, administrador del sistema, negociaciones efectuadas, vD, 0.4)

La cantidad de CDTs que el administrador negoció para el vendedor en una rueda.

Las fórmulas utilizadas son:

$$\bullet \quad RT(a,b,c) = \frac{\sum_{regla i \in Reglas(a,b,c)} v^{Di} * e^{Di}}{\sum_{regla i \in Reglas(a,b,c)} e^{Di}} \quad (5)$$

Las fórmulas utilizadas son:

$$\bullet \quad CT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (8)$$

Las fórmulas 3 y 4 son usadas en este nivel.

- **Nivel 6: Combinando los Componentes.** Ver la sección 4.4.3

A continuación se describe un ejemplo de un comisionista vendedor cuando en ocasiones pasadas ha ingresado al sistema. El revisa en su Base de Datos de Portafolio los contratos que ha realizado anteriormente con el administrador para suministrar las calificaciones preliminares. Luego se hallan las fórmulas de confianza, se califica al administrador después de las interacciones y se presentan los resultados de confianza alcanzados. Para simplificar el ejemplo, sólo se va a tener en cuenta la interacción *Notificar fin de Negocio*. Se van a presentar tres momentos diferentes en los que se realice la interacción para observar el comportamiento en los datos de la confianza.

Tabla 15 . Ejemplo de calificaciones esperadas interacción notificar fin de negocio vendedor.

Calificación obtenida	Calificación esperada	Utilidad	Peso
0.7	0.6	0.1	0.6
0.6	0.4	0.2	0.4

Fuente: Autores del proyecto

Aplicando las fórmulas de FIRE(sección 5.6.2.1):

$$IT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi$$

$$IT = \sum(0.7*0.6) + (0.6*0.4) = 0.66$$

$$Pn(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases}$$

Para este proyecto se asumió $m= 15$, lo cual indica que es el límite de interacciones a evaluar es de 15. Este valor fue seleccionado para facilitar la ejecución de las pruebas, porque se trata de una cantidad que no es demasiado grande para no lograr alcanzar resultados de confianza certeros, ni demasiado pequeña para no ilustrar los cambios que surgen en las fórmulas, ya que el valor de la fórmula Pn varía de acuerdo a la cantidad de datos existentes, entre más próximos se encuentren al límite establecido, en este caso 15, los resultados arrojados en las fórmulas serán mas exactos, sin embargo, el valor seleccionado

se encuentra sujeto a cambios y bajo ninguna circunstancia limita el uso de las fórmulas del modelo FIRE. En este caso m es igual a 2:

$$P_n = 2/15 = 0.1333333333$$

$$P_d(a,b,c) = 1 - \sum_{r_i \in R(a,b,c)} \frac{W(r_i) * |v_i - IT(a,b,c)|}{2}$$

$$P_d = 1 - \sum 0.4 * |(0.6 - 0.66)| + 0.6 * |(0.7 - 0.66)| = 0.024 + 0.024 = 0.952$$

$$p_{IT}(a,b,c) = P_n(a,b,c) * P_d(a,b,c)$$

$$p_{IT} = 0.1333333333 * 0.952 = 0.126933333$$

Como se puede observar, a pesar que el resultado tiene una desviación de 0.048, lo cual indica que estuvo muy cerca al límite establecido, que es uno, la fórmula de p_{IT} arroja un valor muy bajo, lo cual significa que la calificación obtenida no es muy confiable, por contar con muy pocos registros.

Luego, el vendedor realiza sus contratos preliminares:

r = (vendedor, administrador del sistema, notificar fin de negocio, calidad oferta seleccionada, 0.65).

Después de esto, el comisionista inicia sus interacciones con el administrador.

Finalizada su jornada en la bolsa, el vendedor tiene que realizar los nuevos contratos. Suponiendo que el resultado de la venta de su título, resultó en

ganancias para él, las calificaciones que tendría que colocar, se encontrarían dentro del rango [0.5-1] (Ver sección 5.6.2.).

Se tendría:

$r' = (\text{vendedor, administrador del sistema, notificar fin de negocio, calidad oferta seleccionada, } 0.7).$

Finalmente, se aplican las fórmulas de FIRE nuevamente para obtener los resultados de esta interacción. Se debe tener en cuenta que el peso varía de acuerdo al número de registros de la interacción en la Base de Datos. Cada nueva interacción tiene mayor peso que las pasadas.:

Tabla 16. Ejemplo de calificaciones obtenidas interacción notificar fin de negocio vendedor

calificación obtenida	Calificación esperada	Utilidad	Peso
0.7	0.65	0.05	0.5
0.7	0.6	0.1	0.3333333333
0.6	0.4	0.2	0.1666666666

Fuente: Autores del proyecto.

Aplicando las fórmulas de FIRE(sección 5.6.2.1):

$$IT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi$$

$$IT = \sum(0.7*0.5)+(0.7*0.3333333333) +(0.6*0.1666666666) = 0.68333333$$

$$P_n(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases}$$

$$P_n = 3/15 = 0.2$$

$$P_d(a,b,c) = 1 - \sum_{r_i \in R(a, b, c)} \frac{W(r_i) * |v_i - IT(a,b,c)|}{2}$$

$$P_d = 1 - \sum 0.1666666666 * |(0.6 - 0.6833333333)| + 0.3333333333 * |(0.7 - 0.6833333333)| + 0.5 * |(0.7 - 0.6833333333)| = 0.013888887777777 + 0.005555566661111 + 0.007 + 0.00833335 = 0.965220546$$

$$pIT(a, b, c) = P_n(a, b, c) * P_d(a, b, c)$$

$$pIT = 0.2 * 0.965220546 = 0.193044109$$

En esta parte, ya existe un dato más en el registro, a pesar de que aún son pocos datos para confiar en las calificaciones, se aprecia cómo se va aumentando el valor de la confianza.

Ahora, se va a suponer que el comisionista ha entrado al sistema nuevamente y ya tiene nuevos registros de la misma interacción. El va a observar las calificaciones pasadas:

Tabla 17. Ejemplo de calificaciones obtenidas con varios registros de interacción
notificar fin de negocio vendedor

calificación obtenida	Calificación esperada	Utilidad	Peso
0.7	0.65	0.05	0.285714285
0.7	0.6	0.1	0.238095238
0.6	0.4	0.2	0.19047619
0.5	0.6	-0.1	0.142857142
0.4	0.3	0.1	0.095238095
0.6	0.4	0.2	0.047619047

Fuente: Autores del proyecto

Aplicando las fórmulas:

$$IT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi$$

$$\begin{aligned}
 IT &= \sum (0.7 * 0.285714285) + (0.7 * 0.238095238) + (0.6 * 0.19047619) + (0.5 * 0.142857142) \\
 &+ (0.4 * 0.095238095) + (0.6 * 0.047619047) \\
 &= 0.199999999 + 0.166666666 + 0.114285714 + 0.071428571 + 0.038095238 + 0.02857 \\
 &1428 = 0.619047601
 \end{aligned}$$

$$Pn(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases}$$

$$P_n = 6/15 = 0.4$$

$$P_d(a,b,c) = 1 - \sum_{r_i \in R(a,b,c)} \frac{W(r_i) * |v_i - IT(a,b,c)|}{2}$$

$$\begin{aligned} P_d &= 1 - \sum 0.285714285 * |(0.7 - 0.68333333)| + 0.238095238 * |(0.7 - 0.68333333)| + \\ &0.142857142 * |(0.6 - 0.68333333)| + 0.142857142 * |(0.5 - 0.68333333)| + \\ &0.095238095 * |(0.4 - 0.68333333)| + 0.047619047 * |(0.6 - 0.68333333)| = \\ &0.004761904845 + 0.003986047617 + 0.01190428 + 0.02190471 + 0.026984123 + 0.00 \\ &3968252329 = 0.937427188 \end{aligned}$$

$$pIT(a,b,c) = P_n(a,b,c) * P_d(a,b,c)$$

$$pIT = 0.4 * 0.937427188 = 0.374970875$$

Se debe tener en cuenta que el nivel de sistema en este ejemplo no aplica, ya que el agente no había entrado por primera vez, por lo tanto no tenía en cuenta las calificaciones con los demás, sino solamente sus interacciones.

Se observa que el valor de pIT va aumentando proporcionalmente con el número de registros. Adicionalmente, hay que considerar que en esta interacción el comisionista no revisó los valores arrojados por los certificados de reputación ni de testigos roles.

5.4 ARQUITECTURA DE DISEÑO

En la arquitectura de diseño se crea la estructura organizacional mediante la cual se define el funcionamiento del sistema y el grado de jerarquía que tiene cada uno de los actores que en ella actúan. Para realizar la topología se debe tener en cuenta cada una de las fases anteriores. Además, esta estructura organizacional complementa los roles y protocolos preliminares descritos anteriormente, lo cual permite establecer los roles y protocolos organizacionales que se van a llevar a cabo en la organización.

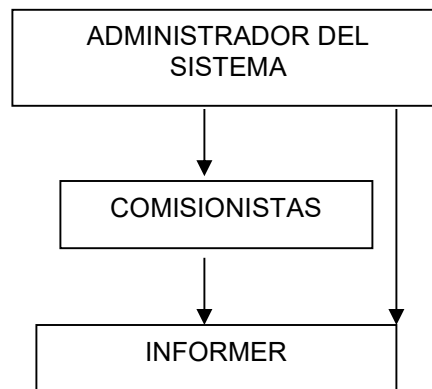
5.4.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El sistema de la Bolsa de Valores está organizado por una topología jerárquica y una colección de pares.

- *TOPOLOGÍA JERÁRQUICA*: la organización cuenta con un administrador del sistema, quien tiene la labor de controlar la entrada de los comisionistas y el funcionamiento de la rueda, también, lidera y vigila las actuaciones de los compradores y vendedores dentro de las negociaciones. Así mismo, el agente Informer se encuentra subordinado por los demás agentes del sistema, por lo tanto, no puede actuar sin recibir previa autorización o aviso de los

comisionistas o del administrador del sistema. En la Figura 46 se observa el grado de jerarquía que se manejará en la estructura.

Figura 45. Topología jerárquica de Gaia II aplicado al sistema.



Fuente: Autores del proyecto.

- *COLECCIÓN DE PARES*: Dentro del sistema actúan los comisionistas en sus roles de comprador y vendedor, quienes poseen el mismo rango de participación y de autonomía dentro de la Bolsa. Estos realizan sus acciones de manera independiente entre ellos, y cada uno realiza actividades especializadas, de acuerdo al rol que represente.

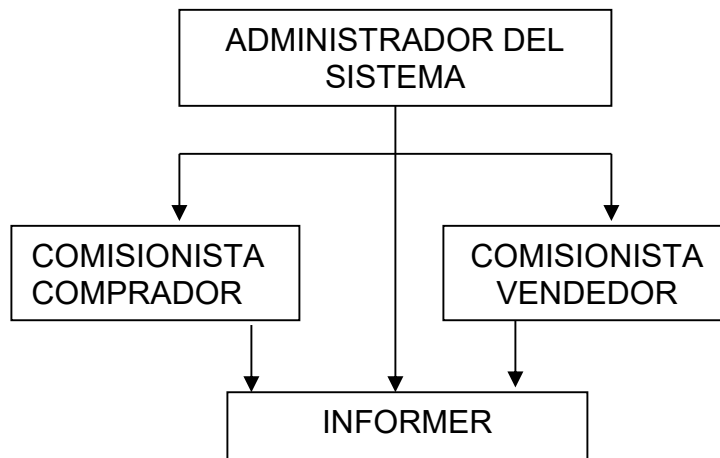
Figura 46. Colección de pares de Gaia II aplicados al sistema.



Fuente: Autores del proyecto

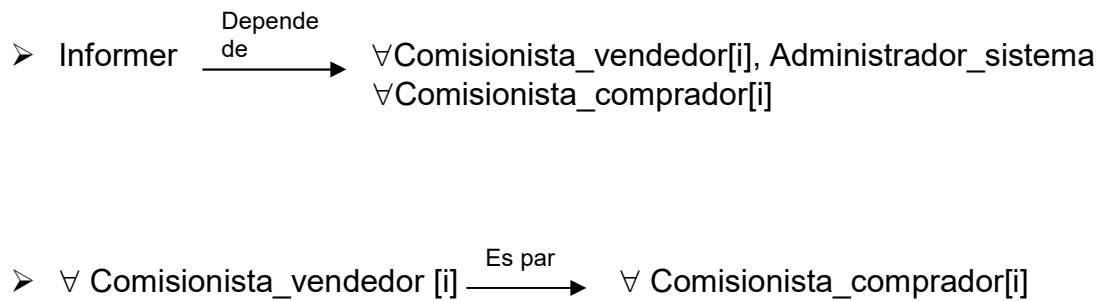
El régimen de control que tiene la Bolsa de Valores es de trabajo especializado, es decir, existe un líder (administrador del sistema) que evalúa el trabajo de cada agente subordinado, sin embargo, cada uno de ellos cumple con ciertos servicios y actividades especializadas, de acuerdo al rol que tome. La estructura organizacional del sistema se muestra en la figura49:

Figura 47. Estructura organizacional de Gaia II aplicado al sistema.



Fuente: Autores del proyecto.

Administrador_sistema $\xrightarrow{\text{Controla}}$ \forall Comisionista_vendedor[i], Informer,
 \forall Comisionista_comprador[i]



- **Modelo de Roles**

En la sección 3.5.1 se presentó el modelado de roles preliminares, en este apartado se presenta el modelo de roles organizacionales que conformarán el sistema. Las tablas de la 18 a la 22 resumen dichos roles.

- **Departamento de Sistema**

Tabla18. Rol organizacional administrador del sistema

Esquema del Rol:	Administrador del Sistema
Descripción	
Se encarga de asignar el tiempo de apertura de la rueda, permitiendo que las negociaciones sólo sean realizadas en el lapso de duración de ésta. Así mismo, debe registrar a los comisionistas y los CDTs ; evaluar y seleccionar la mejor oferta de compra y notificar a los comisionistas el cierre del negocio. Finalmente, actualiza y elimina los registros de los CDTs vendidos.	

Protocolos y Actividades	
<u>Fijar hora, Abrir rueda, Cerrar rueda, Enviar registro al comisionista, Registrar comisionista, Suministrar certificado, Recibir CDT, Solicitud de variable del mercado, Registrar CDT, Actualizar registro CDT, Informar horario, Recibir oferta, Evaluar oferta, Seleccionar oferta, Notificar fin de negocio, Suministrar calificación, Eliminar registro CDT.</u>	
Permisos	
Lee	hora_sistema hora_oferta[i] hora_negocio[i] Oferta_compra[i] CDT [i] CDT_negociado [i] registro_CDT[i] datos_comisionista[i]
Cambia	hora_inicio hora_cierre registro_CDT[i] registro_comisionista[i]
Genera	nuevo_comisionista[i] Nuevo_CDT[i]
Responsabilidades	
Vivacidad	Administrador del Sistema = ((<u>Fijar hora, Abrir rueda, Cerrar rueda, Informar horario</u>) ((<u>Recibir oferta, Evaluar oferta</u>) ^w . <u>Seleccionar oferta</u> . Notificar fin de negocio. Suministrar calificación.) (<u>Registrar comisionista</u> . Enviar registro al comisionista. Suministrar certificado. Recibir CDT, <u>Registrar CDT</u> . <u>Actualizar registro CDT</u> . <u>Eliminar registro CDT</u> .))
Seguridad	hora_inicio = 8 a. m hora_cierre = 3 p. m

```

oferta_seleccionada == 1
variables_oferta == variables_mercado
hora_inicio < Recibir oferta < hora_cierre
datos_comisionista == true
variables_CDT == variables_mercado
hora_inicio < registrar CDT < hora_cierre
hora_inicio < registrar comisionista < hora_cierre

```

Fuente: Autores del proyecto.

◦ **Departamento de Comisionista**

Este capitulo se detalla en la sección 3.5.1

Tabla 19. Rol organizacional comisionista vendedor

Esquema del Rol:	Vendedor
Descripción	
Primero se valida ante su portafolio para conocer los CDT's disponibles para la venta, luego, se inscribe o se valida ante el administrador de la bolsa de valores e ingresa los CDT's que desee vender. Finalmente, notifica a su portafolio el cierre de algún negocio.	
Protocolos y Actividades	
Validarse Portafolio, (Inscribirse en el sistema Validar sistema), Solicitud variable del mercado, <u>Evaluar CDT</u> , Inscribir CDT, Notifica fin de negocio	
Permisos	
Lee	Requisitos de inscripción
Responsabilidades	
Vivacidad	Vendedor = (Validar Portafolio, (Inscribirse en el sistema Validar sistema. Solicitud variable del mercado. <u>Evaluar CDT</u> . Inscribir CDT. Notifica fin de negocio)

Seguridad	Variables_CDT == variables_mercado hora_inicio < registro_comisionista < hora_cierre hora_inicio < lista_CDT_vender < hora_cierre
------------------	---

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 20 Rol organizacional comisionista comprador

Esquema del Rol:	Comprador
Descripción	
Primero se valida ante el portafolio para conocer la lista de CDT's que está interesado en adquirir, luego deberá inscribirse o validarse en la bolsa de valores ante el administrador de la bolsa, con el fin de formar parte del sistema. Además debe, solicitar los CDT que cumplen con las características especificadas en su portafolio y enviar la petición de compra.	
Protocolos y Actividades	
Validar Portafolio, (Petición de inscripción Validar sistema), Solicitud CDT, Solicitud variable del mercado. <u>Realizar proyecciones.</u> <u>Elige CDT compra.</u> Oferta de compra. Notificar portafolio.	
Permisos	
Lee	Requisitos de inscripción CDT_mercado[i]
Responsabilidades	
Vivacidad	Comprador = (Validar Portafolio, (Petición de inscripción Validar sistema). Solicitud CDT.Solicitud variable del mercado, <u>Realizar Proyecciones.</u> <u>Elige CDT.compra.</u> Notificar portafolio)+
Seguridad	# CDT_comprar>0

```

Registro_comprador = = true
# Lista a filtrar>0
Comprador(CDT[i])!= null
Var_mercado != null
hora_inicio < registro_comisionista < hora_cierre
hora_inicio< lista_CDT_comprar <hora_cierre

```

Fuente: Autores del proyecto

- **Departamento de Portafolio**

Este capitulo se detalla en la sección 3.5.1

Tabla 21 Rol organizacional administrador del portafolio

Equema del Rol	Administrador de su Portafolio
Descripción	
Se encarga de tomar la fecha del sistema de la bolsa, para sincronizar su portafolio según la fecha de negociación que se esta manejando, para evitar inconsistencia en las negociaciones. Además, eliminar los CDTS que ya han sido vendidos y los envía a un historial de CDTS negociados si es el caso del vendedor, si es el comprador se encarga de actualizar los CDT ingresándolos al sistema; como tarea conjunta debe eliminar los CDTS que han sido vencidos y los almacena temporalmente en una tabla para al final del día informar de los cambios que ocurrieron durante el transcurso de negociación.	
Protocolos y Actividades	
<u>Adquirir fecha sistema, Comparar fechas, Modificar fechas, Notificar portafolio, Eliminar CDT vencido, Eliminar CDT negociado, Guardar CDT comprado, Guardar en el historial, Informar cambios</u>	
Permisos	
Lee	CDT[i], i = CDT hora_sistema
Cambia	Lista_CDT[i][j], i = CDT_neg Historial_CDT[i], i= CDT_neg

Responsabilidades

Vivacidad Actualizar portafolio= (Adquirir fecha sistema. Comparar fechas. Modificar fechas. Notificar portafolio. Eliminar CDT vencido. Eliminar CDT negociado. Guardar CDT comprado. Guardar en el historial. Informar cambios)

Seguridad notificacion_venta_CDT
 notificacion_compra_CDT
 fecha madurez CDT >= fecha actual
 ±Tneg(8-10)

Fuente Autores del proyecto

- **Departamento de Información**

Tabla 22. Rol organizacional informar

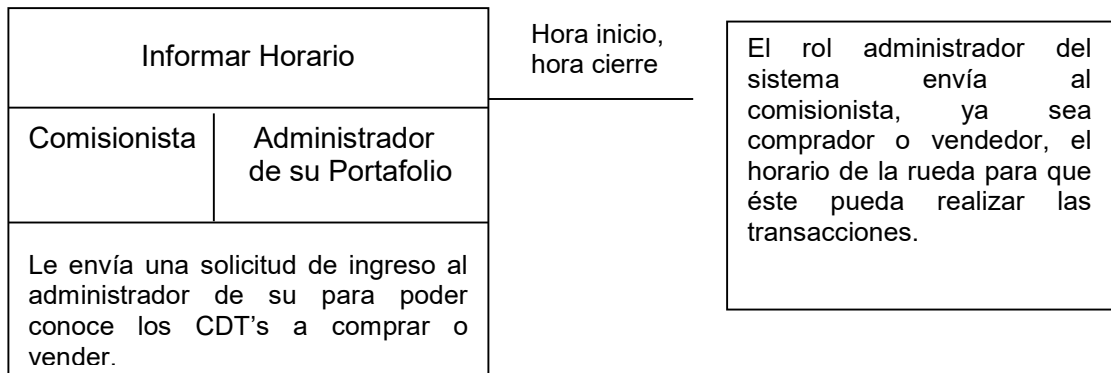
Esquema del Rol:	Informar
Descripción	Se encarga de buscar en páginas pertenecientes al ambiente del Mercado los datos de las variables solicitadas por los diferentes agentes ya sea comisionista o Administrador del sistema, devolviéndoles el valor y la fecha con que se encontraron las variables en el mercado.
Protocolos y Actividades	<u>Listar variables, buscar en el mercado</u>
Permisos	
Leer	nom_var[i]
Responsabilidades	
Vivacidad	Informar = (<u>Listar variables, buscar en el mercado</u>)+
Seguridad	solicitud variable == true

Fuente autores del proyecto.

➤ **Modelo de Interacción**

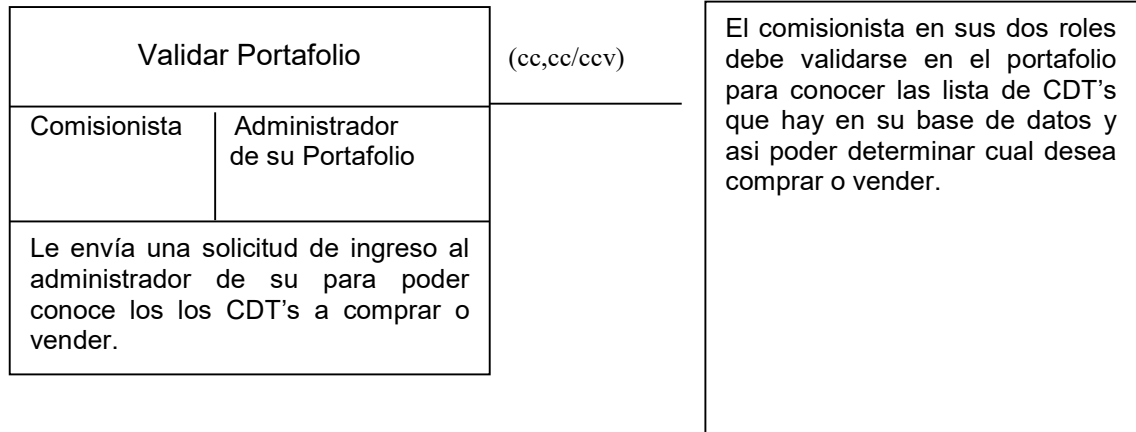
En apartados anteriores se creo el modelado de protocolos preliminares, en ésta fase se presenta los protocolos organizacionales mediante los cuales se comunicarán los actores y que además conformarán el sistema. Las Figuras de la 48 a la 60 resumen dichas interacciones.

Figura 48. Protocolo organizacional informar horario



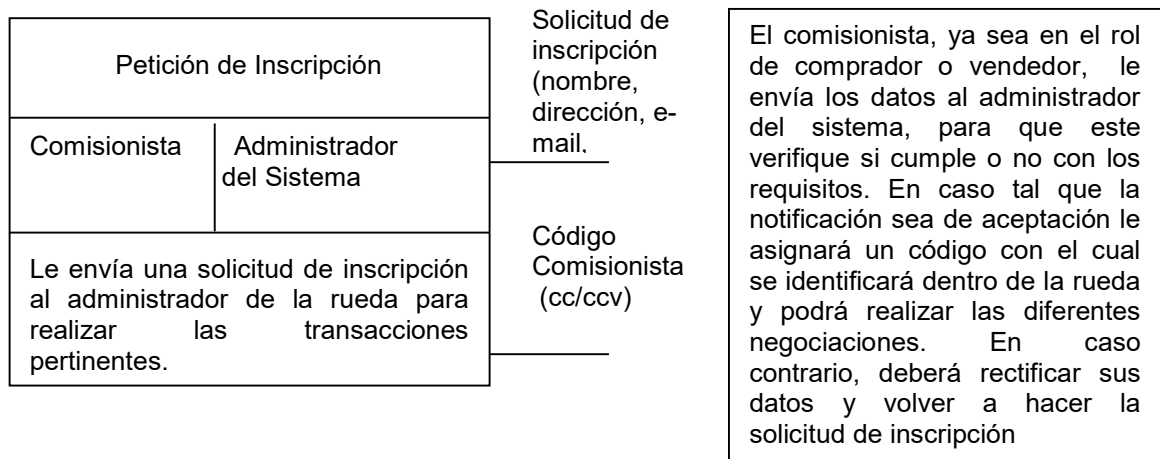
Fuente: Autores del proyecto

Figura 49. Protocolo organizacional validar portafolio



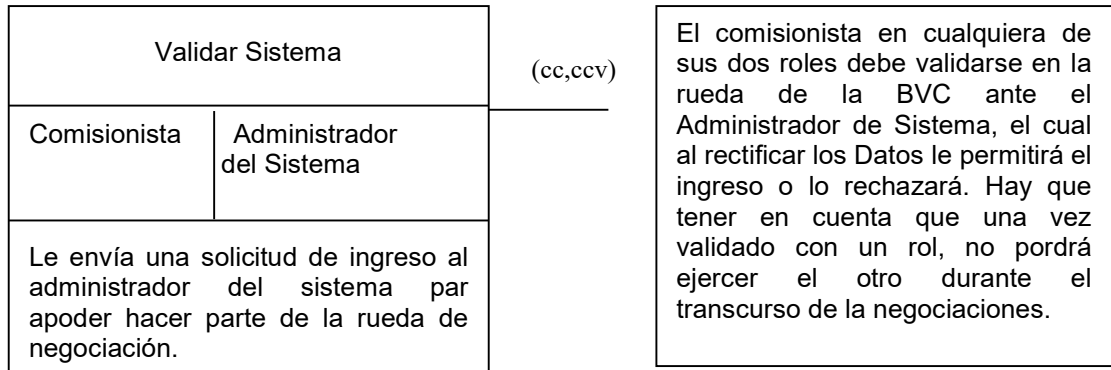
Fuente: Autores del proyecto

Figura 50. Protocolo organizacional petición de inscripción



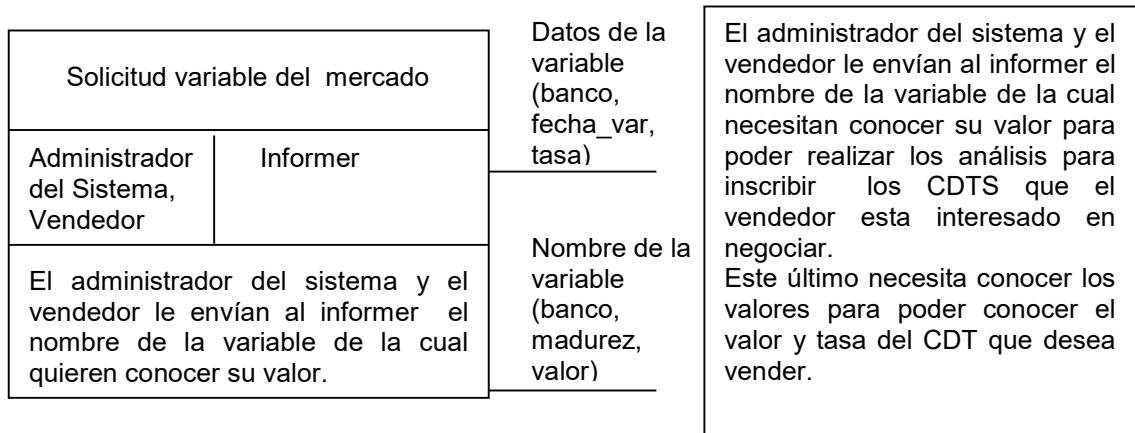
Fuente: Autores del proyecto

Figura 51. Protocolo organizacional validar sistema



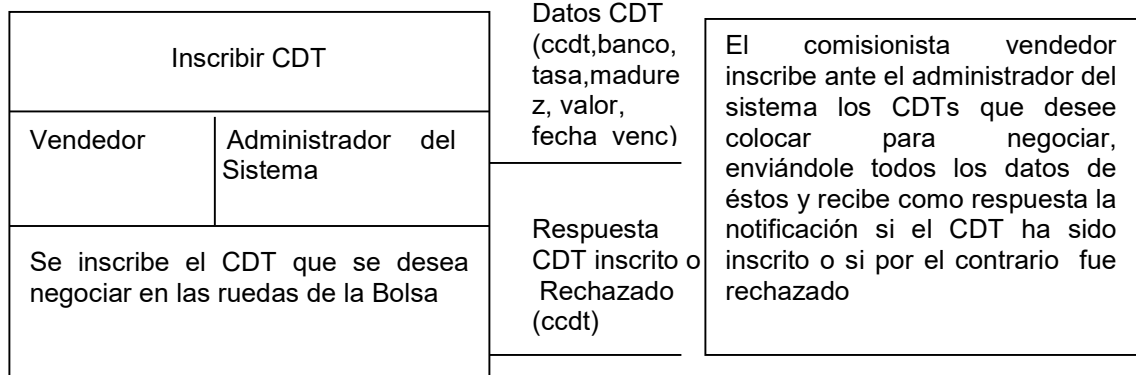
Fuente: Autores del proyecto

Figura 52. Protocolo organizacional solicitud variable del mercado administrador, vendedor



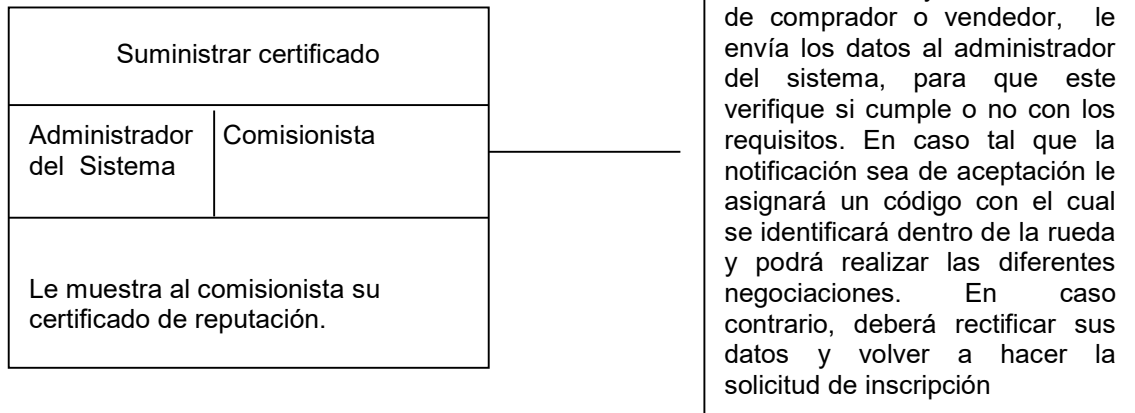
Fuente: Autores del proyecto

Figura 53. Protocolo organizacional inscribir CDT



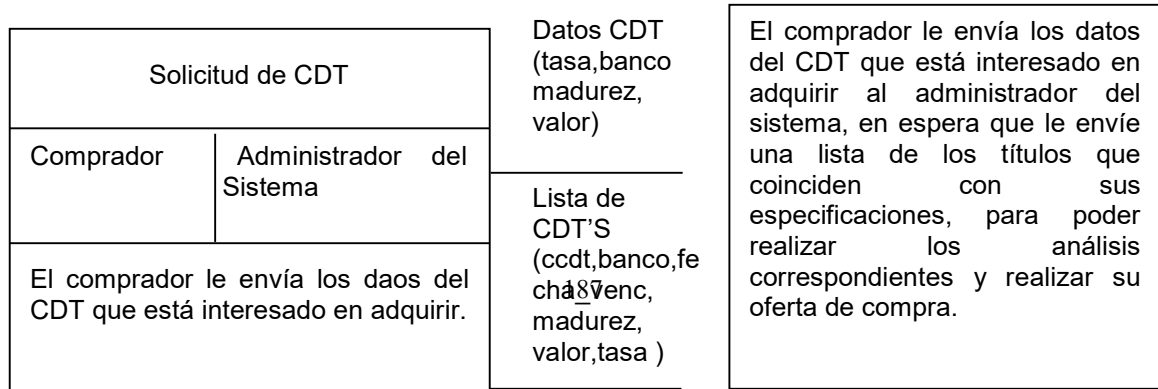
Fuente: Autores del proyecto

Figura 54. Protocolo organizacional suministrar certificado



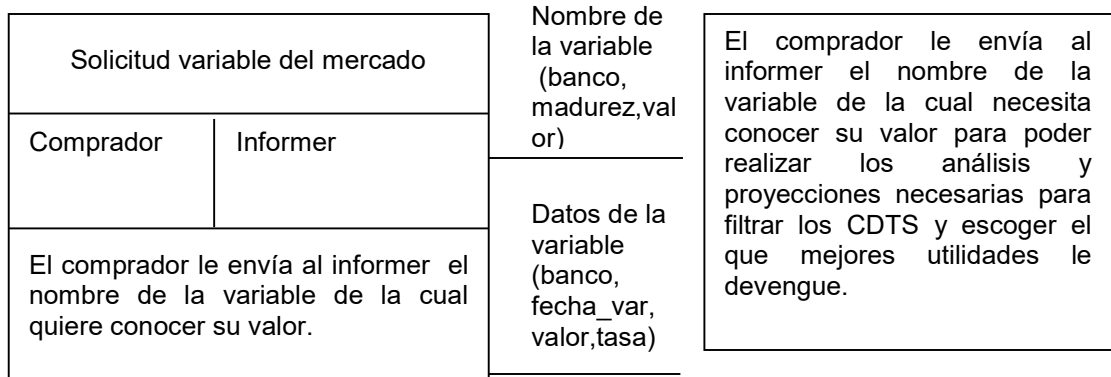
Fuente: Autores del proyecto

Figura 55. Protocolo organizacional solicitud de CDT



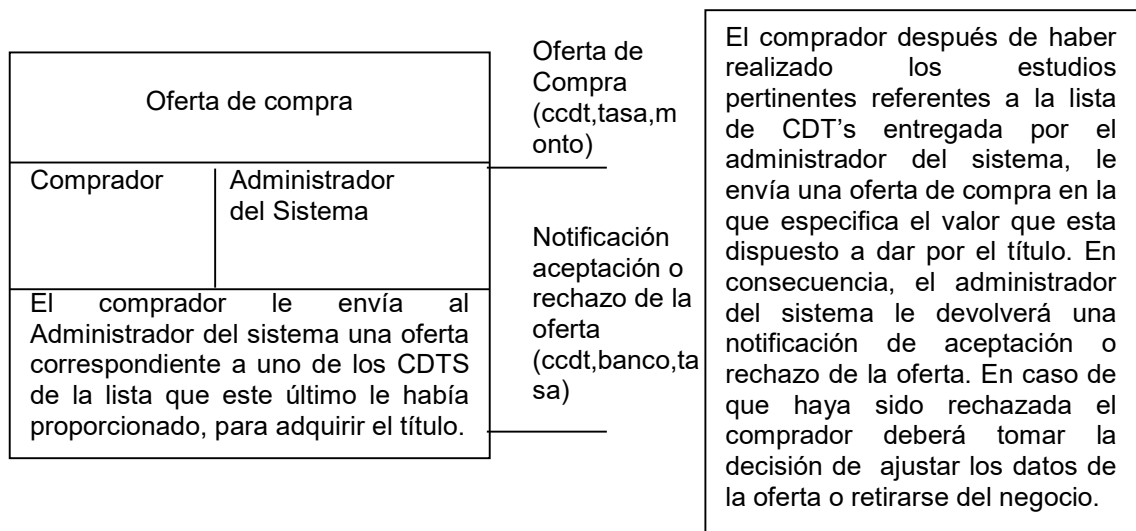
Fuente : Autores del proyecto

Figura 56. Protocolo organizacional solicitud variable del mercado comprador



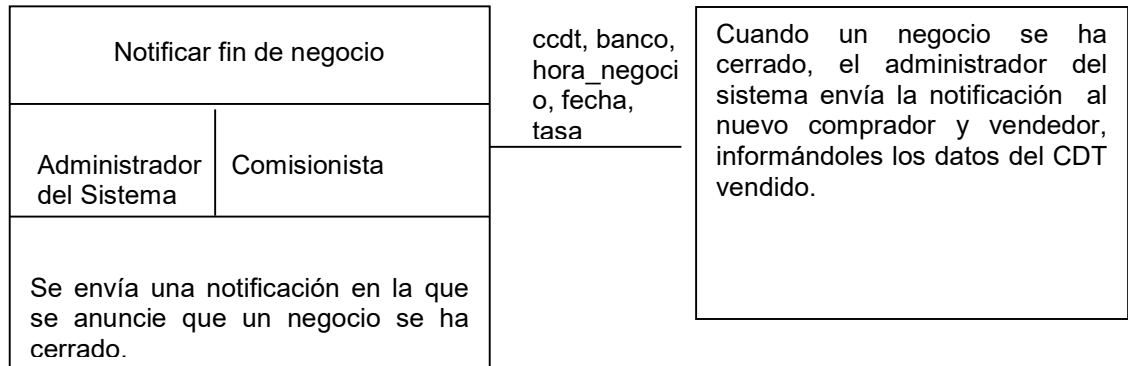
Fuente: Autores del proyecto

Figura 57. Protocolo organizacional oferta de compra



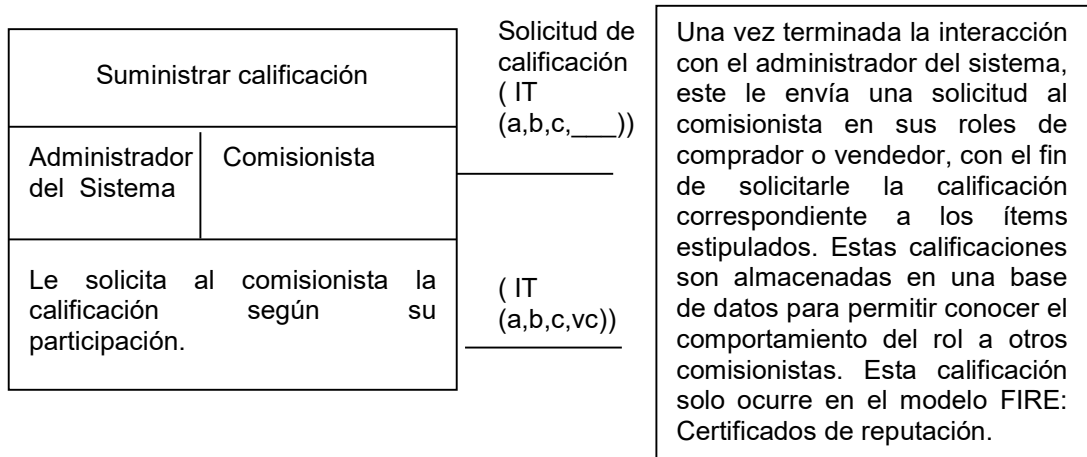
Fuente: Autores del proyecto

Figura 58. Protocolo organizacional notificar fin de negocio a los comisionistas



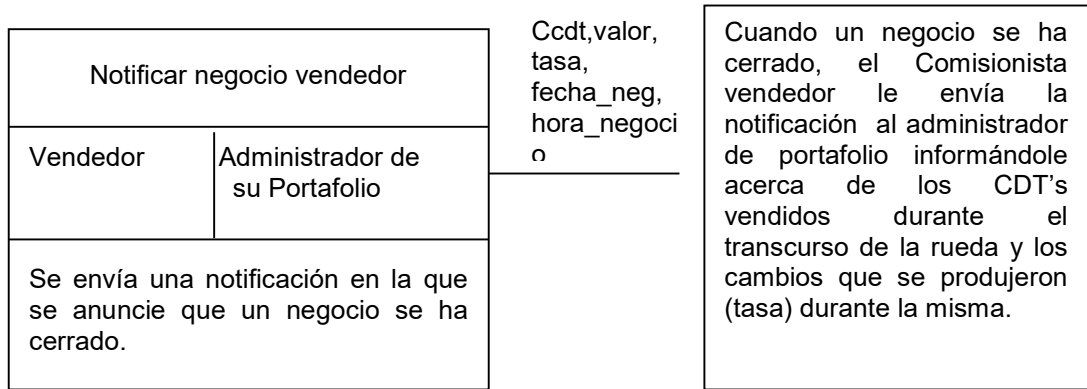
Fuente Autores del proyecto

Figura 59. Protocolo organizacional suministrar calificación



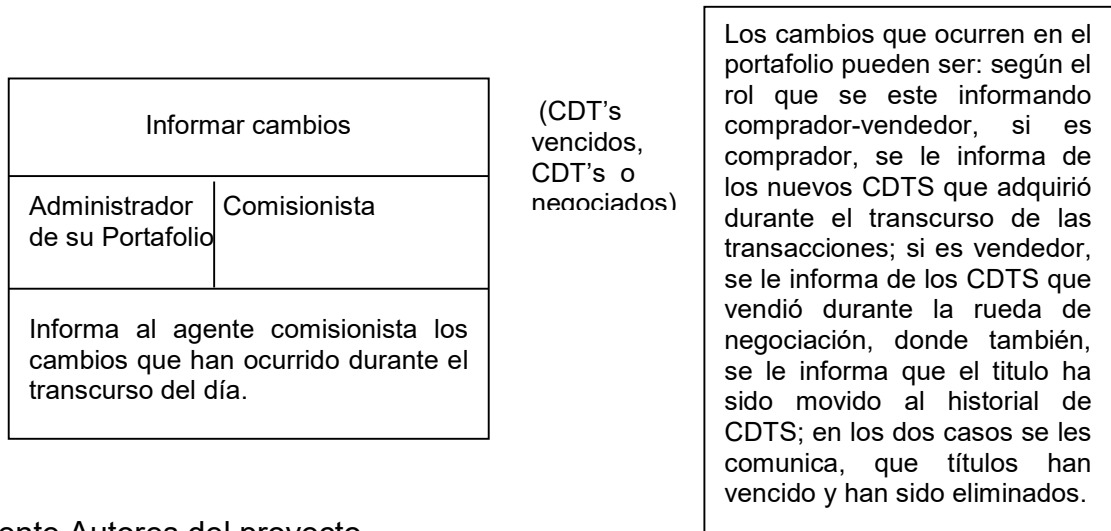
Fuente: Autores del proyecto

Figura 60. Protocolo organizacional notificar fin de negocio vendedor al portafolio



Fuente: Autores del proyecto

Figura 61. Protocolo organizacional informar cambios



Fuente Autores del proyecto

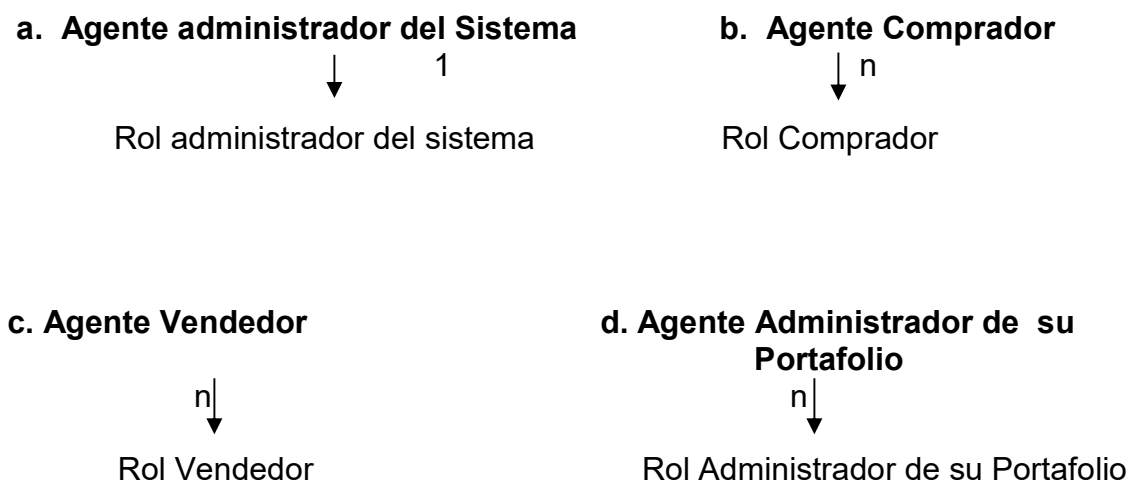
- **FASE DE DISEÑO**

En este apartado se mostrarán los agentes que llevaran a cabo cada uno de los roles descritos anteriormente y el número de veces que aparecerá en el sistema, también, cada uno de los servicios que se necesitan para llevar a cabo la comunicación mediante protocolos.

- **Modelo de Agentes**

En esta fase se muestra los agentes que hacen parte del sistema de BVC. En ella se describen el grado de veces que aparecerá en el sistema. En la Figura 63 se muestran los agentes, el tipo de rol que desempeña y el número de veces que actúa.

Figura 62 . Modelo de agentes aplicado al caso de estudio



c. Agente Informer

1|
↓

Rol informer

Así, para determinar el número de agentes que deben existir en el modelo se tuvo en cuenta que un agente no jugará dos roles al mismo tiempo. Por esta razón se creó un agente por cada rol del sistema.

Se le otorgó un grado de cardinalidad para determinar el número de instancias en el tiempo. El agente administrador del sistema tendrá una cardinalidad de 1, lo cual indica que sólo habrá una instancia de este agente al tiempo; el agente comprador y el agente vendedor tendrán una cardinalidad de n, la cual expresa el número de instancias que tendrá el agente en el tiempo. El agente informer cuenta con una cardinalidad de 1, y el administrador del portafolio tendrá una cardinalidad de +, ya que tendrá una o dos instancias al tiempo (una para el comprador y otra para el vendedor).

◦ **Modelo de Servicios**

En el modelado de servicios se muestran: el tipo de servicio que se va a ofrecer, las entradas y salidas que se esperan obtener y las pre-condiciones y pos-

condiciones que debe cumplir para activarse. Esta información es obtenida de las secciones anteriores.

- **Agente Administrador del Sistema:** En la Tabla 23 se muestran los servicios necesarios para que el agente Administrador del Sistema cumpla con las tareas y objetivos estipulados.

Tabla 23. Agente administrador del sistema

Servicio	Entrada	Salida	Pre-Condición	Post-Condición
Informar Horario		Hora inicio, hora fin	Hora inicio < hora fin	
Cerrar Rueda		Informar fin de la rueda	Hora fin == hora sistema	
Registrar comisionista	Datos comisionista[i]	Codigo comisionista[i]	hora_inicio < registrar comisionista < hora_cierre	datos_comisionista = true nuevo_comisionista[i]

Registrar CDT	Datos CDT[i]	Codigo CDT[i]	hora_inicio< registrar CDT<hora_cierre	datos_CDT == true variables_CDT == variables_mercado nuevo_CDT[i]
Notificar fin de negocio	ccdt,banco, hora_negocio, fecha, tasa		Hora sistema> hora cierre CDT_negociado [i]	Conexión Comisionista== trae
Suministrar certificado	Suministrar certificado (Tc(a,b,c,___))		CDT_negociado [i]	
Eliminar registro CDT	CDT_negociado [i]	Historial CDT_negociado	Fecha vencimiento ==fecha_sistema Fecha_neg=fecha_sistema	
Suministrar calificación	Solicitud de calificación (IT(a,b,c,___))	Solicitud de calificación (IT(a,b,c,vc))	CDT_negociado [i]	
Solicitud de variable del mercado	(banco,madurez,valor)	(banco, tasa_mercado, fecha_var)	Solicitud de inscripción==1 solicitud de oferta==1	
Solicitud de variable del mercado	(banco,madurez,valor)	(banco, tasa_mercado, fecha_var)	Solicitud de inscripción==1 solicitud de oferta==1	

Fuente Autores del proyecto.

- **Agente Administrador de su portafolio:** La Tabla 24 ilustra las post y pre condiciones que se deben llevar a cabo para que se ejecute un servicio.

Tabla24. Agente administrador del portafolio

Servicio	Entrada	Salida	Pre-Condición	Post-Condición
Informar Cambios	Informe del portafolio (CDT's vencidos, CDT's negociados)		notificación_venta_CDT==trae notificación_compra_CDT==true Fecha madurez CDT >= fecha actual	Eliminar CDT vencido. Eliminar CDT negociado.
Adquirir fecha sistema			hora_sistema	

Fuente: Autores del proyecto

- **Agente Comprador:** A continuación se muestran los servicios que el agente comprador realiza.

Tabla25. Agente Comprador

Servicio	Entrada	Salida	Pre-Condición	Post-Condición
Petición de inscripción	Solicitud de inscripción (nombre, dirección, e-mail, telefono, cuenta bancaria)	Código comisionista (cc/ccv)	hora_inicio< registrar comisionista< hora_cierre	Requisitos de inscripción
Solicitud CDT	Datos CDT (tasa, madurez, valor)	Lista de CDT'S (ccdt,banco,fec ha_venc, madurez, valor,tasa)	# CDT_comprar> 0	
Solicitud variable del mercado	(banco, madurez,valor)	(banco, tasa_mercado,fecha_var)	# Lista a filtrar>0	Var_mercado != null
Realizar proyecciones	Lista de CDT'S (ccdt,banco,fecha_venc, madurez, valor,tasa)	<u>Elige CDT compra</u>	# Lista a filtrar>0 Var_mercado != null	
Oferta de compra	(ccdt,tasa,monto)	Notificación aceptación/rec hazo	Hora_oferta<hora_cierre	
Notificar portafolio	ccdt,banco,fecha_neg, tasa,valor,tasa, hora_negocio		Notificación de aceptación	

Fuente: Autores del proyecto

- **Agente Vendedor:** A continuación se ilustran los servicios que realiza el agente vendedor.

Tabla26 Agente Vendedor

Servicio	Entrada	Salida	Pre-Condición	Post-Condición
Petición de Inscripción	Solicitud de inscripción (nombre, dirección, e-mail, telefono, cuenta bancaria)	Código comisionista (cc/ccv)	hora_inicio< registrar comisionista< hora_cierre	Requisitos de inscripción
Inscribir CDT	Datos CDT (ccdt,banco, tasa,madurez, valor, fecha_venc)	Respuesta CDT inscrito o Rechazado (ccdt)		
Solicitud variable del mercado	(banco, madurez,valor)	(banco, tasa_mercado, fecha_var)	# Lista a filtrar>0	Var_mercado != null
Notifica fin de negocio	Ccdt,valor, tasa, fecha_neg, hora_negocio		Notificación de venta	

Fuente: Autores del proyecto

- **Agente Informer:** A continuación se ilustran los servicios que realiza el agente Informer.

Tabla27 Agente informer

Servicio	Entrada	Salida	Pre-Condición	Post-Condición
Listar Variables	nom_variable[i] banco,madurez,valor		solicitud variable ==true	Fecha_var similar fecha_sistema

Fuente: Autores del proyecto

6. HERRAMIENTAS PARA LA VISUALIZACION DE COMUNICACIÓN EN EL SISTEMA MULTIAGENTE (JADE).

JADE⁴⁵ (Java Agent Development Environment), es un sistema robusto y eficiente que permite la creación de agentes y su visualización en la interacción con otros agentes mediante un sniffing en el que se grafica el envío y recepción de mensajes y su contenido. Esta herramienta fue desarrollada en Italia en el CSELT (Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni) en compañía del Grupo de Ingeniería de computación de la Universidad de Parma y fue creada bajo los estándares de la FIPA (Foundations of Intelligent Physical Agents).

JADE tiene como características importantes para la creación de agentes:

- Permitir la creación de agentes de forma remota o manual.
- Cuenta con un contenedor de agentes, cuya utilización debe garantizar su ejecución en un Host.
- Permite el monitoreo de los agentes en el ambiente, ya que cuenta con una serie de herramientas que facilitan la visualización de su comportamiento.
- Cuenta con una extensa librería, de la cual el diseñador utilizará las necesarias para la creación de los tipos de agentes que desea implementar.

⁴⁵ Página oficial de JADE: <http://jade.cselt.it>

Adicionalmente, para la creación de agentes cuenta con un listado de comportamiento que determina la manera en que van a actuar los agentes, así se delimita el alcance de dichas entidades y el tiempo de vida que van a estar activas en el sistema.

Por todo lo anterior, se ha decidido usar JADE para la implementación de este proyecto, donde se deben crear una serie de agentes que van a interactuar con un único agente llamado Administrador del Sistema, el cual controlará la creación y eliminación de dichas entidades. Cada uno de estos agentes cuenta con un comportamiento específico que le facilita el cumplimiento de sus objetivos y tareas.

El ente Administrador del sistema irá creando los agentes compradores y vendedores según las peticiones o mensajes que reciba y los eliminará cuando estos hagan la solicitud o el tiempo de ejecución permitido para interactuar en la rueda de negociación haya concluido.

7. FASE DE IMPLEMENTACIÓN

Para implementar los conceptos vistos a lo largo del trabajo en el prototipo de la Bolsa de Valores, fue necesario llevar a cabo varias actividades, tales como la selección e instalación de las herramientas que hacen posible la ejecución de la aplicación, el diseño y creación de las Bases de Datos necesarias para soportar el prototipo, las clases utilizadas, las interfaces gráficas de usuario, entre otras. En las siguientes secciones se describen las tareas que se consideran más relevantes en la fase de implementación.

7.1 HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL SIMULADOR DE LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA

Para construir y ejecutar los agentes, las clases y las interfaces se requirió la instalación de las siguientes herramientas:

- JAVA jsdk desde la versión 1.2 en adelante: esta herramienta es indispensable para compilar cualquier clase en java, ya que instala la máquina virtual de Java, la cual permite ejecutar aplicaciones realizadas en este lenguaje.

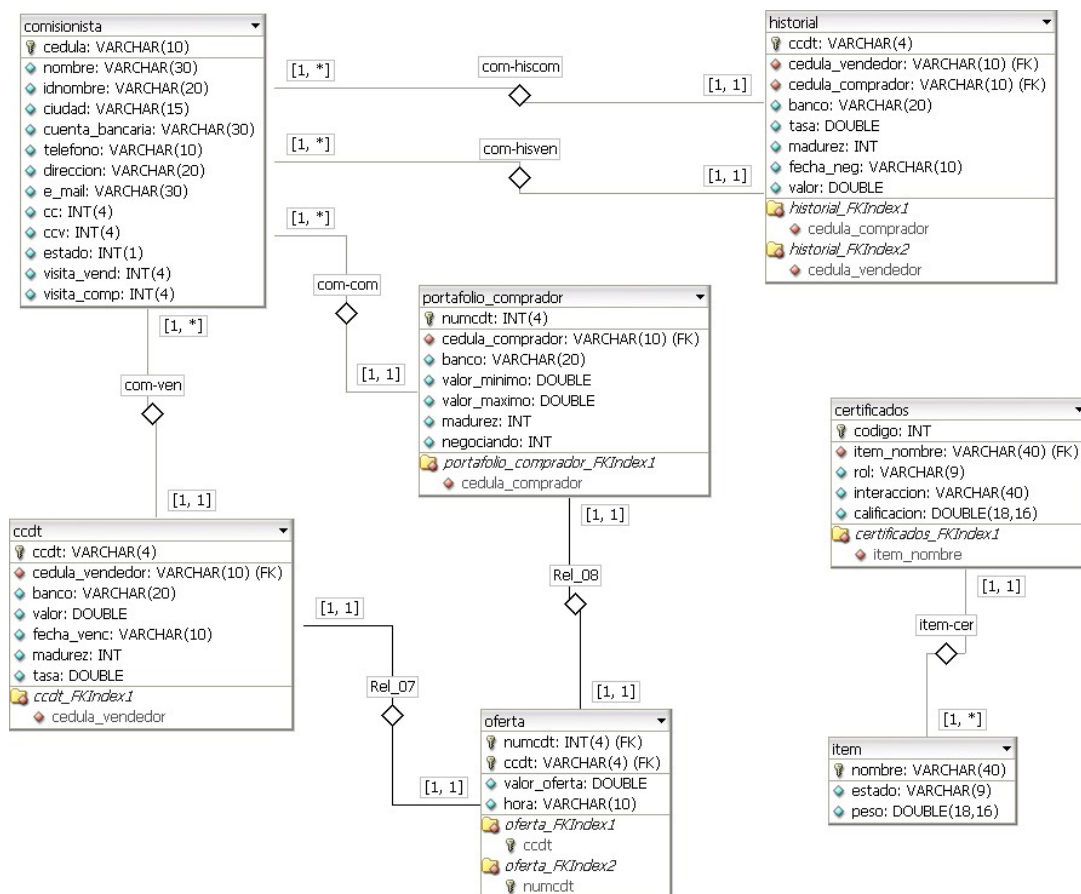
- Servidor Web: en la aplicación del presente caso de estudio se hizo uso del servidor Tomcat 4.1. El servidor permite que la aplicación se ejecute en un ambiente Web.
- JADE: herramienta utilizada en la creación de los agentes. Se trata de una tecnología desarrollada con el propósito de implementar agentes en una aplicación.
- JavaMail: para que desde una clase de Java se pueda enviar un correo electrónico se debe instalar este paquete. Es libre de licencias y contiene las librerías necesarias para enviar mensajes a través del protocolo SMTP.
- MySQL 1.4: administrador de las Bases de Datos presentes en el sistema.
- Dreamweaver Mx : para la creación de las interfaces y como editor de código JSP. Esta herramienta es opcional.

7.2 BASES DE DATOS CREADAS PARA EL SISTEMA

Para almacenar y manipular la información del sistema, se crearon tres bases de datos independientes entre sí. La primera Base de Datos, llamada sistema, almacena la información correspondiente a los comisionistas que se inscriben en la rueda, a las transacciones, a los negocios realizados y a los certificados de reputación que guarda el administrador acerca de su comportamiento, tal como se describe en el modelo FIRE (Ver sección 4.3.1). Esta Base de Datos sólo es

manipulada por el agente administrador del sistema. En la Figura 64 se ilustra la Base de Datos del sistema.

Figura 63. Base de Datos del Sistema

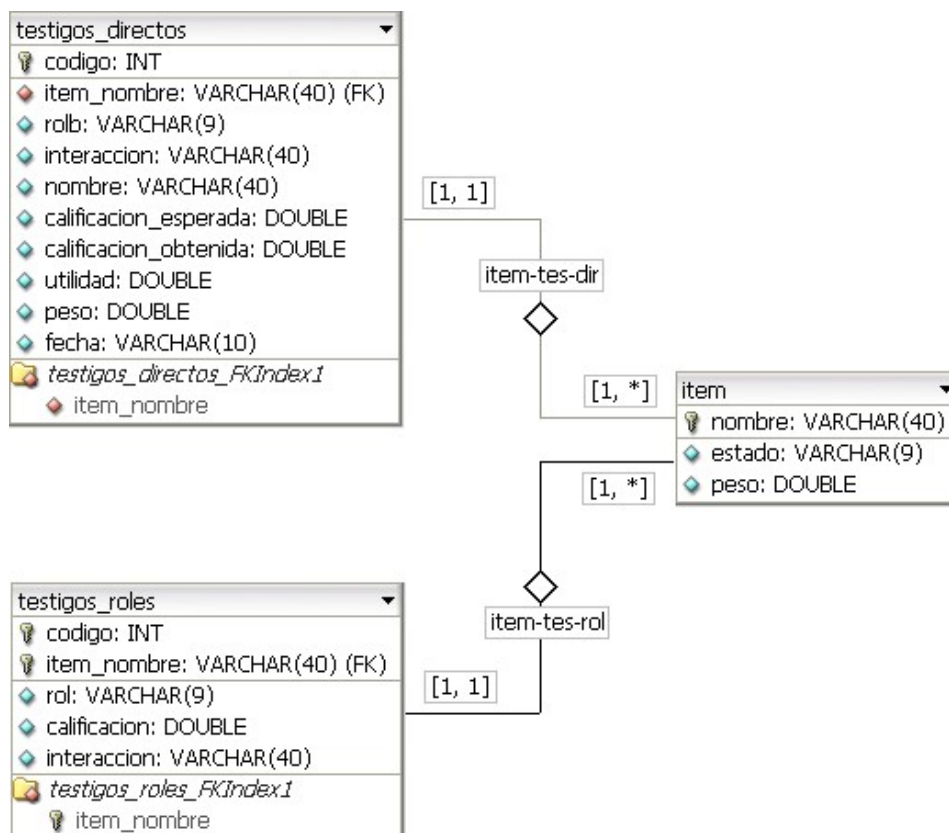


Fuente: Autores del proyecto

La segunda Base de Datos se denomina pública, y almacena la información relacionada con las calificaciones que los comisionistas realizan al administrador: testigos de reputación, testigos roles e interacciones directas. Los comisionistas son los encargados de manipular los registros.

La Figura 64 ilustra la Base de Datos pública.

Figura 64: Base de Datos Pública de la Bolsa de Valores de Colombia

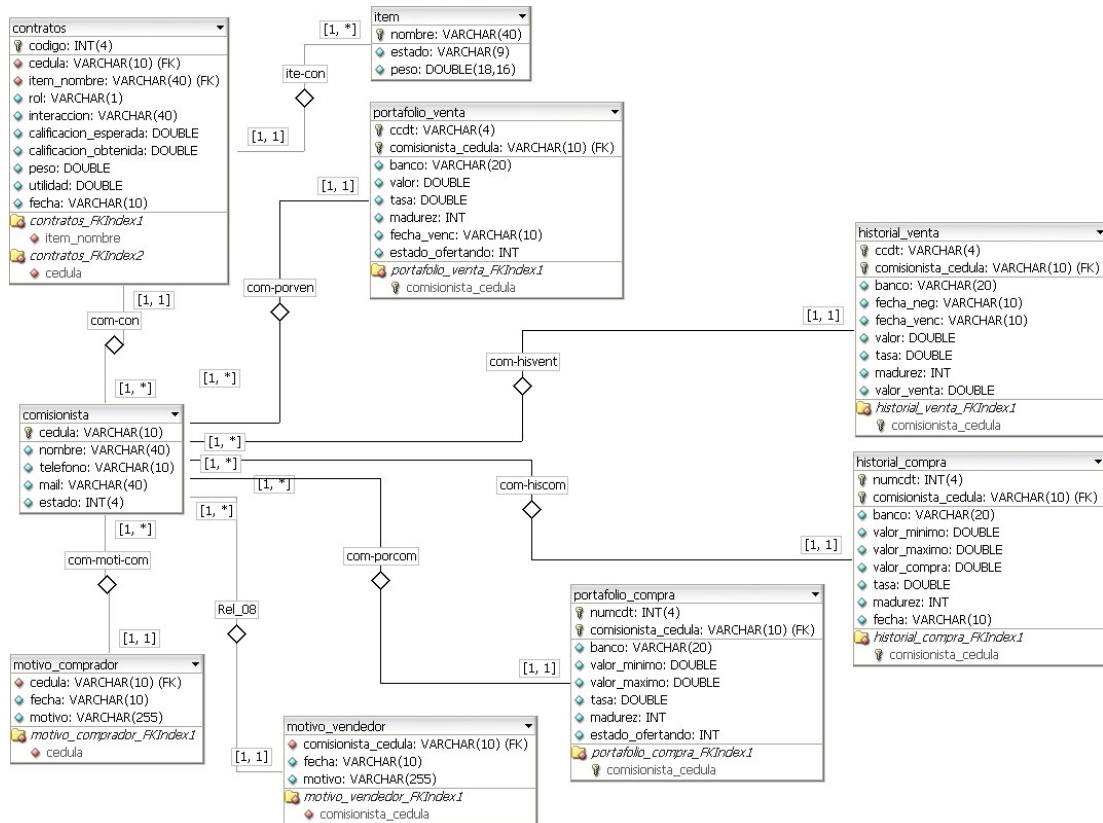


Fuente: Autores del proyecto

La última Base de Datos creada en la aplicación es la llamada portafolio. El portafolio contiene la información personal de cada comisionista, tal como los CDT's que desea ofrecer o comprar, los títulos negociados, los datos personales y los contratos de calificación realizados. Estos registros son manipulados por cada comisionista y por su administrador de portafolio.

La Figura 65 ilustra la base de datos del portafolio.

Figura 65. Base de Datos Portafolio de la Bolsa de Valores de Colombia



Fuente: Autores del proyecto

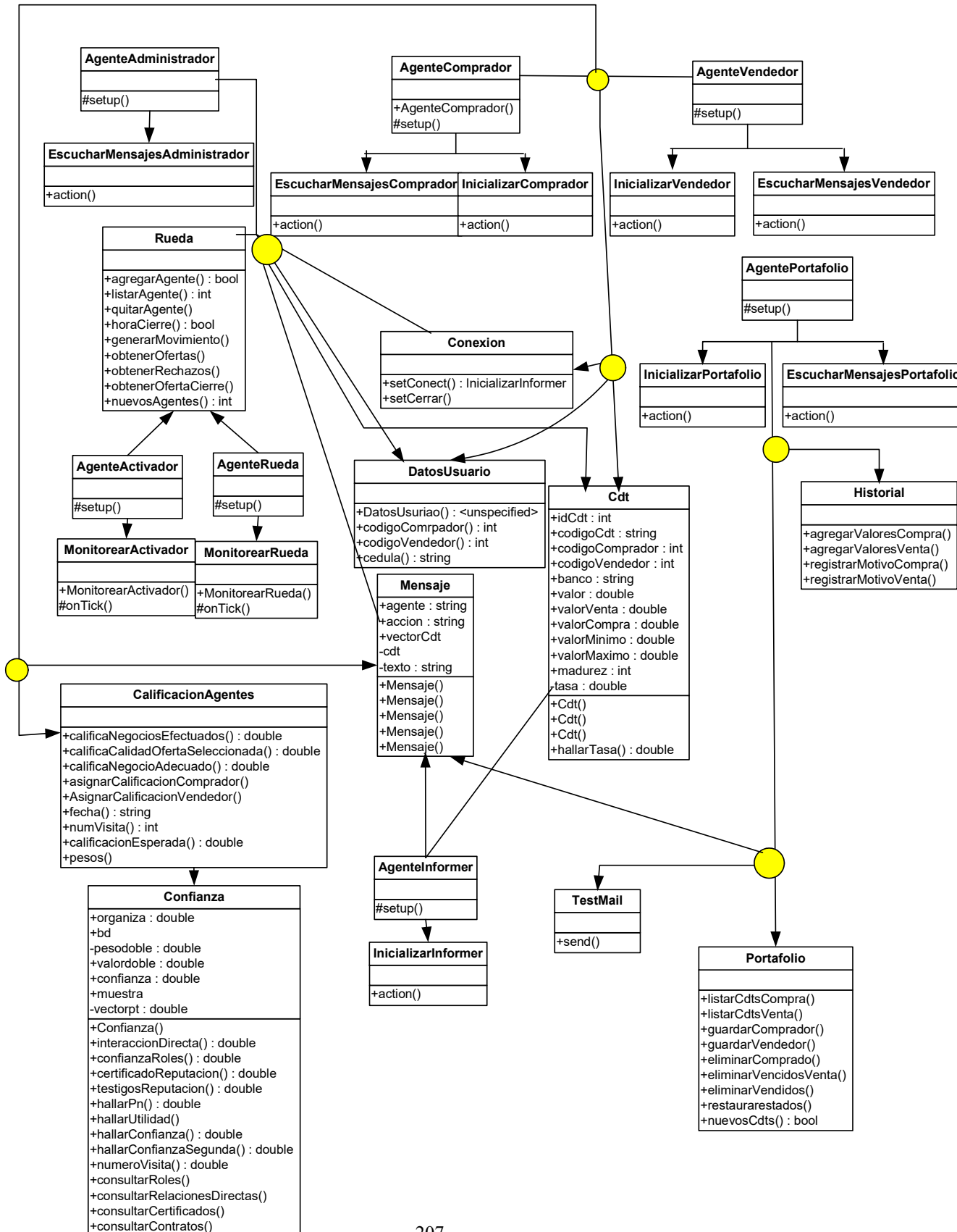
7.3 CLASES DEL SISTEMA

Las clases que se desarrollaron para el prototipo de la BVC se muestran en las Figuras 66 y 67.

Se puede observar que se agruparon en dos paquetes:

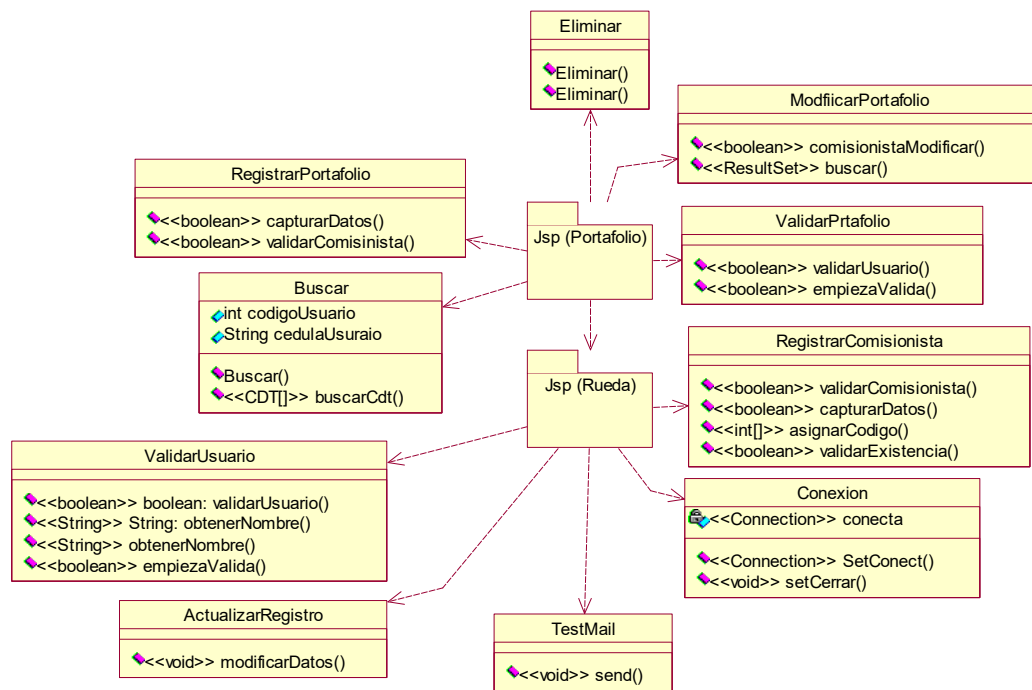
1. Agentes: Se encuentran los agentes que van a hacer parte del sistema, los cuales son los encargados de llevar a cabo todos los procesos de comunicación y negociación de la rueda.
2. Jsp(Portafolio-Rueda). Son las interfaces que permiten la comunicación del sistema con el usuario, a partir de ellas se activan los agentes.

Figura 66. Paquete de clases agentes de la Bolsa de Valores de Colombia



FUENTE Autores del proyecto

Figura 67. Paquete de Jsp portafolio-rueda de la Bolsa de Valores de Colombia



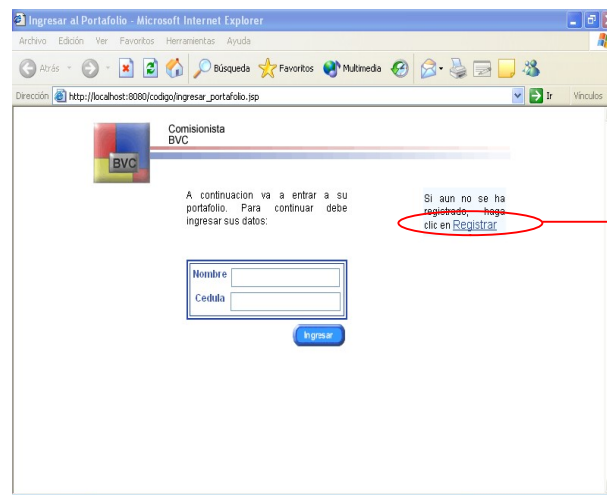
Fuente: Autores del proyecto

Además de las Bases de Datos y las clases presentadas, se diseñaron las interfaces gráficas de usuario, las cuales se presentan en la sección 7.4.

7.4 INTERFACES DE USUARIO

En esta sección se presentan las interfaces que el usuario manipulará a lo largo de la aplicación, las cuales se han implementado haciendo uso de una tecnología que permite el desarrollo de aplicaciones dinámicas Web, llamada Java Server Pages (JSP), por lo tanto, la extensión de cada interfaz es .jsp.

Figura 68. Interfaz de usuario validar portafolio.

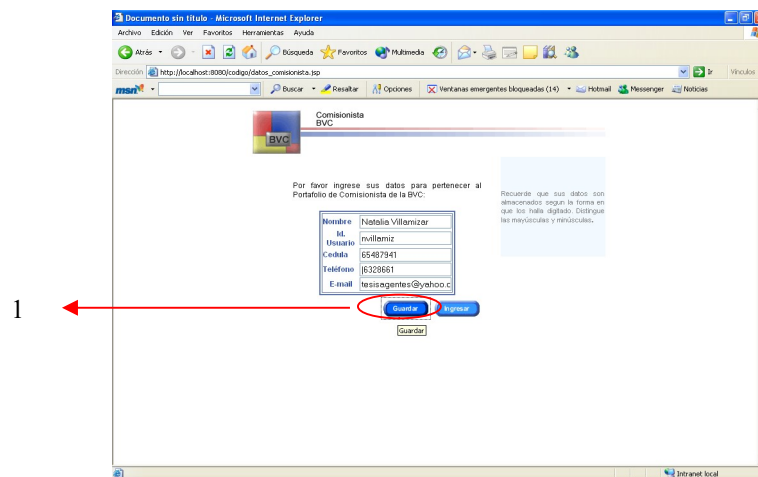


Fuente: Autores del proyecto

En la primera interfaz, el usuario ingresa a su Portafolio, validándose por medio de su nombre y cédula. Si el comisionista no se ha registrado, hace clic en el link

llamado Registrar (1) y se dirige a una interfaz donde debe introducir sus datos personales para ser guardados en el Portafolio.

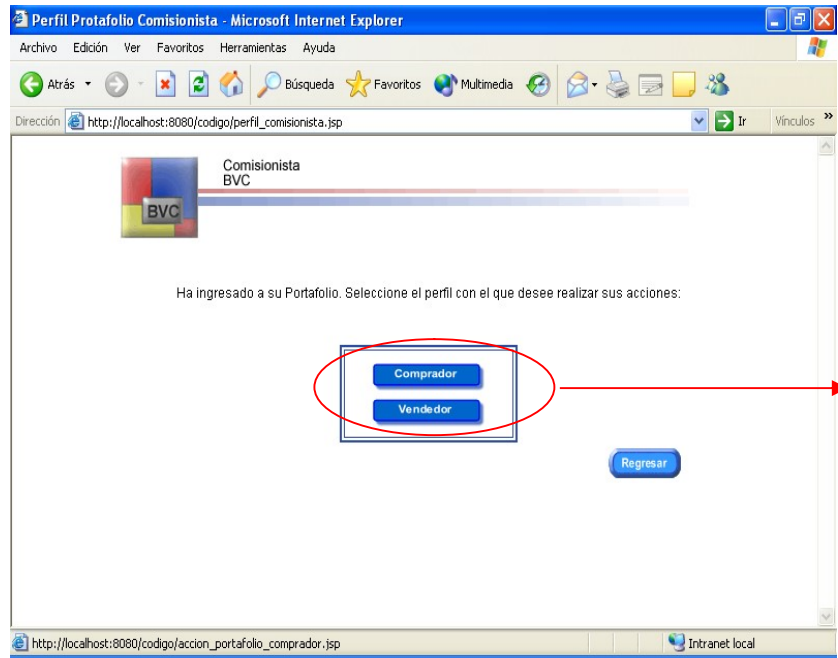
Figura 69. Interfaz de usuario inscribir en el portafolio.



Fuente: Autores del proyecto.

Para guardar sus datos, el usuario debe ingresar su nombre, el Id con el cual se validará en el portafolio, la cédula, el teléfono y el correo electrónico. Para guardar sus datos hace clic en el botón de Guardar (1). Luego de ingresar a su Portafolio, el comisionista debe elegir el perfil con el cual realizará sus acciones, puede ser vendedor o comprador:

Figura 70. Interfaz de usuario elección del perfil del comisionista.

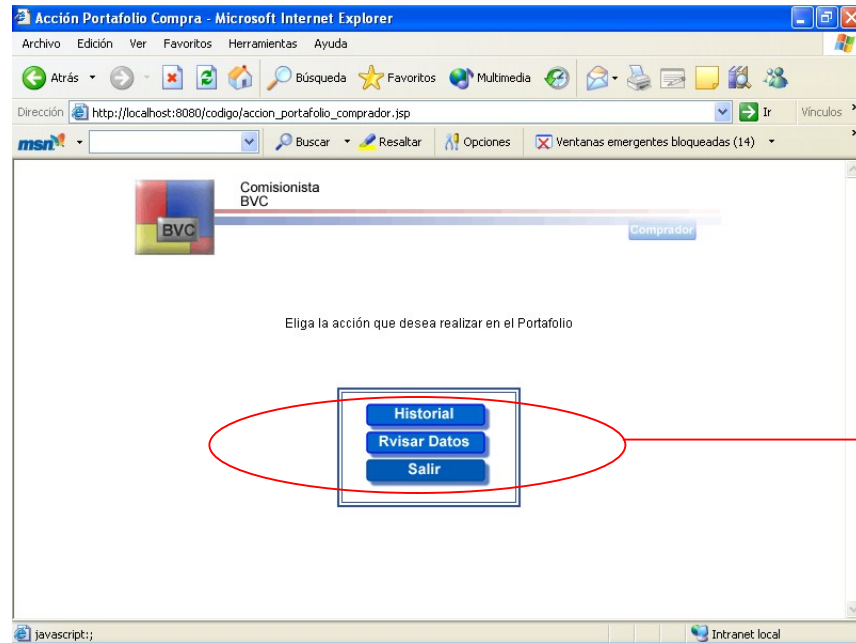


1

Fuente: Autores del proyecto

El comisionista debe seleccionar un perfil con el que va a ingresar: comprador o vendedor (1).

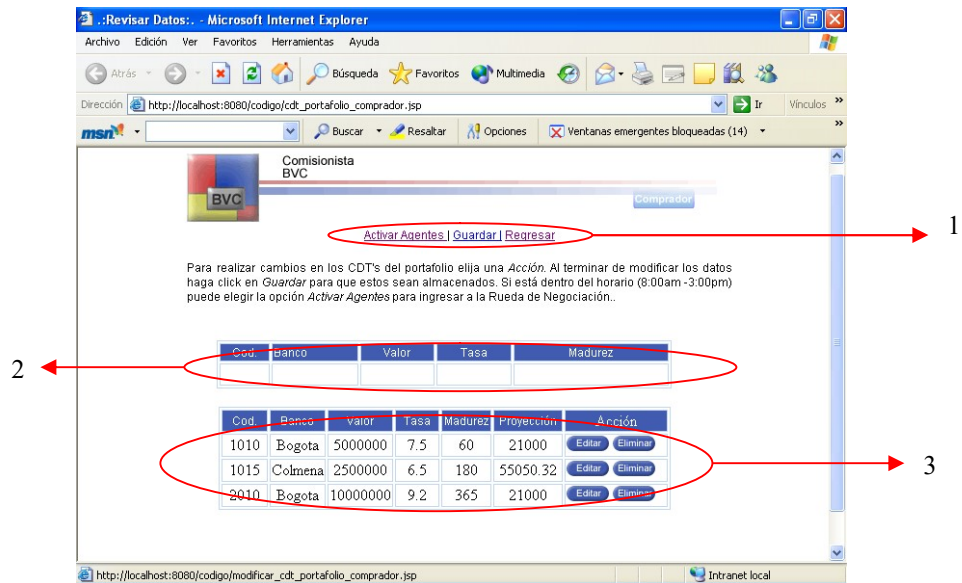
Figura71. Interfaz de usuario elegir acción en el portafolio.



Fuente: Autores del proyecto

De acuerdo al perfil que haya seleccionado, se muestran las acciones que puede realizar dentro del Portafolio, en este caso se presenta el comisionista comprador, sin embargo la interfaz para un vendedor es igual. Las acciones que puede realizar son: Revisar datos , ir al Historial y salir (1).

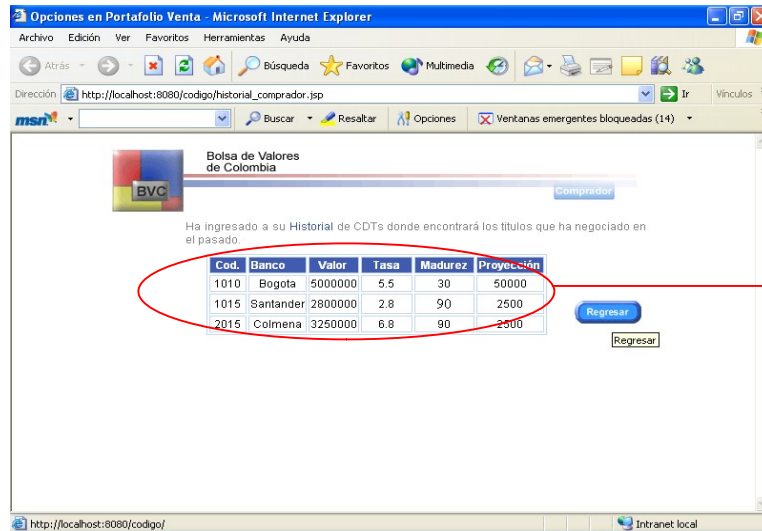
Figura72. Interfaz de usuario revisar CDT's portafolio



Fuente: Autores del proyecto

Si selecciona la acción Revisar datos, el agente Portafolio buscará los CDT's que se encuentren en la Base de Datos (3), permitiendo que el usuario elimine o modifique los datos. Los datos que recibe son: el código del CDT, el banco, el valor, la tasa y la madurez. Si se desea modificar algún CDT, hace clic en los botones de la derecha de cada registro (3) y éstos se muestran en la tabla superior de la pantalla (2). Si desea ingresar a la página de la Bolsa hace clic en Activar Agente (1). También puede guardar los datos que modificó (1),

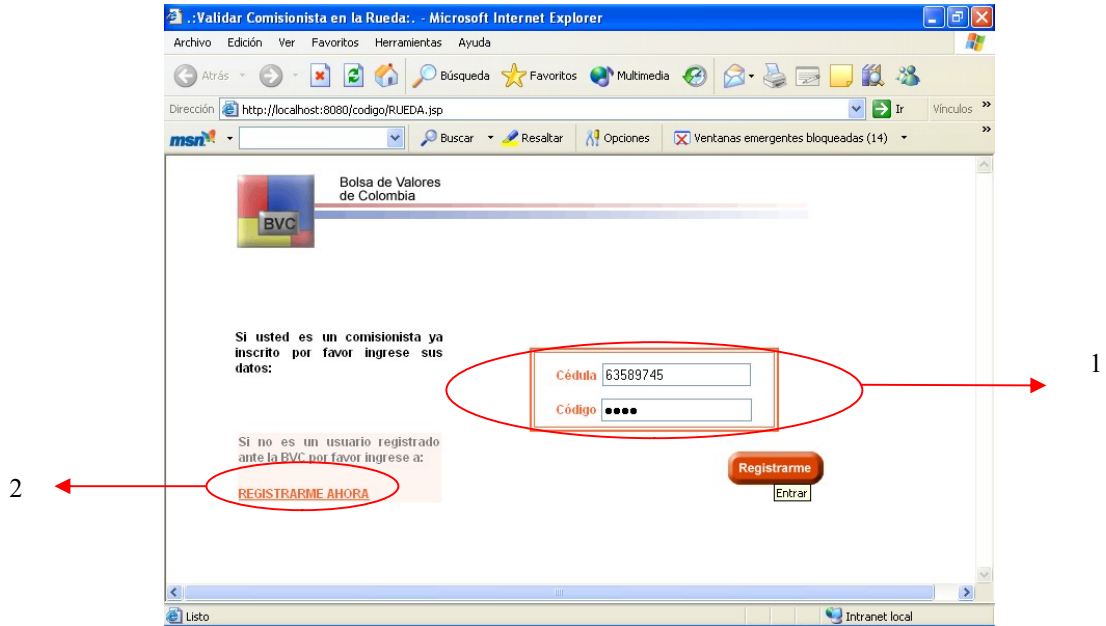
Figura73. Interfaz de usuario historial del portafolio.



Fuente: Autores del proyecto

Si el comisionista decidió ingresar en el Historial, podrá observar los CDT's que ha negociado (1).

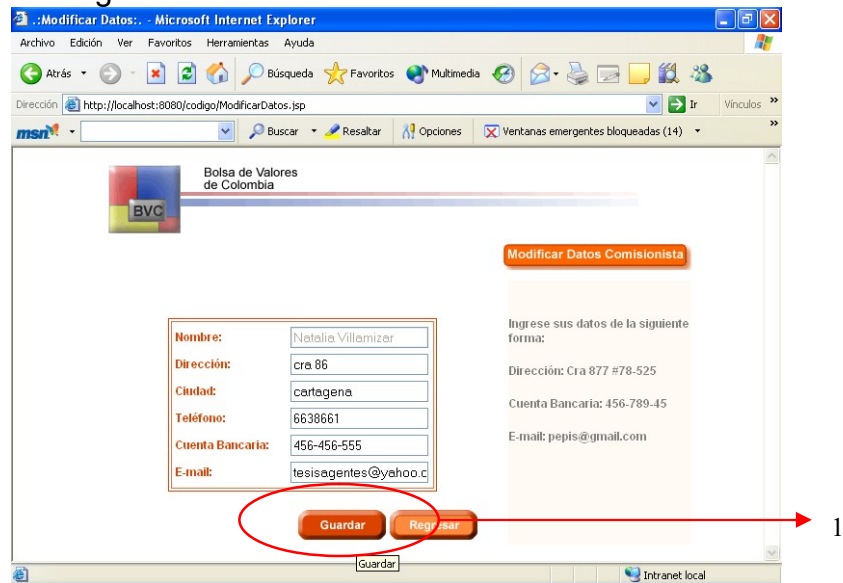
Figura74. Interfaz validar comisionista en el sistema.



Fuente: Autores del proyecto

Si el usuario desea ingresar a la Bolsa de Valores, simplemente hace clic en el link Activar Agente (Figura 72) . Una vez se encuentre en la página principal de la BVC debe ingresar su cédula y código de comisionista para hacer parte de las negociaciones (1). Si el comisionista aún no se ha registrado en la BVC, debe hacer clic en Registrarse (2).

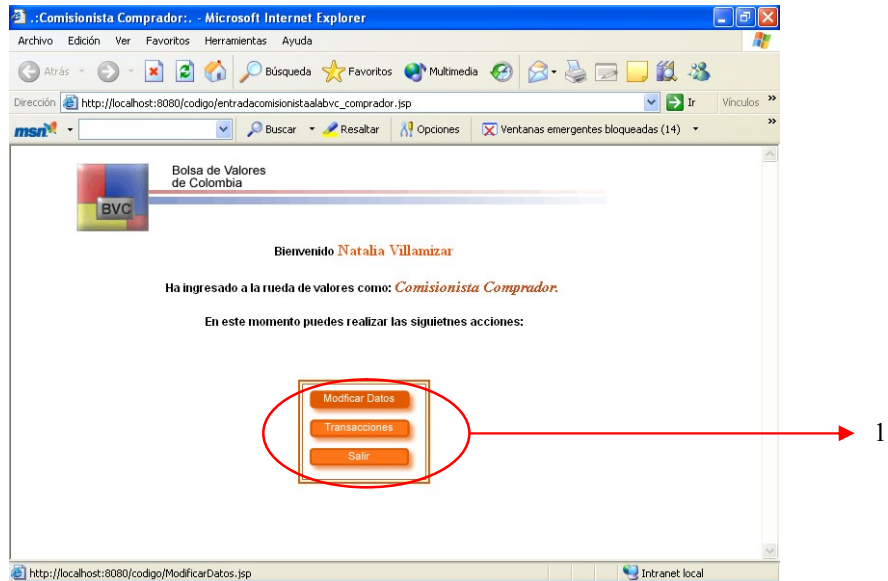
Figura75. Interfaz registrar comisionista en el sistema.



Fuente: Autores del proyecto

Para registrarse debe ingresar el nombre, dirección, ciudad, cuenta bancaria y el correo electrónico y hacer clic en Guardar (1).

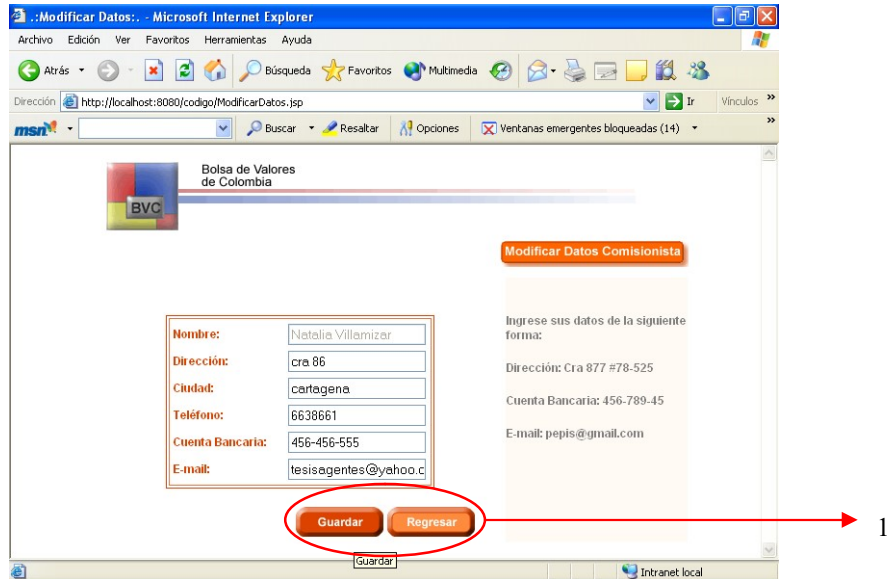
Figura76. Interfaz acciones del comisionista en el sistema.



Fuente: Autores del proyecto

Cuando se encuentre dentro de la BVC, ya sea como comprador o como vendedor, el comisionista sólo podrá realizar las siguientes acciones: Modificar datos, transacciones y salir (1).

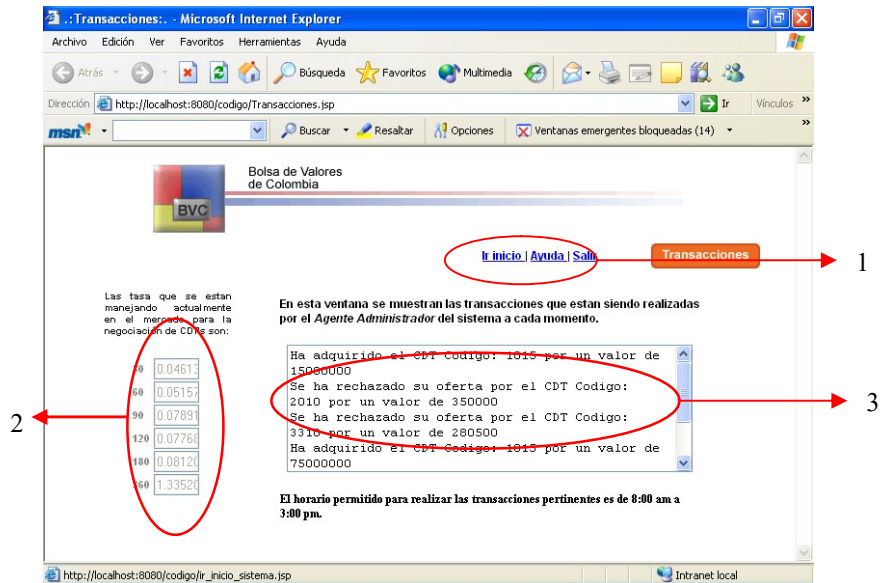
Figura77. Interfaz de usuario modificar datos en la rueda.



Fuente: Autores del proyecto

Los datos que el usuario puede modificar son: su nombre, dirección, ciudad, teléfono, cuenta bancaria y el correo electrónico. Para guardarlos hace clic en Guardar(1).

Figura 78. Interfaz transacciones del comisionista en el sistema.



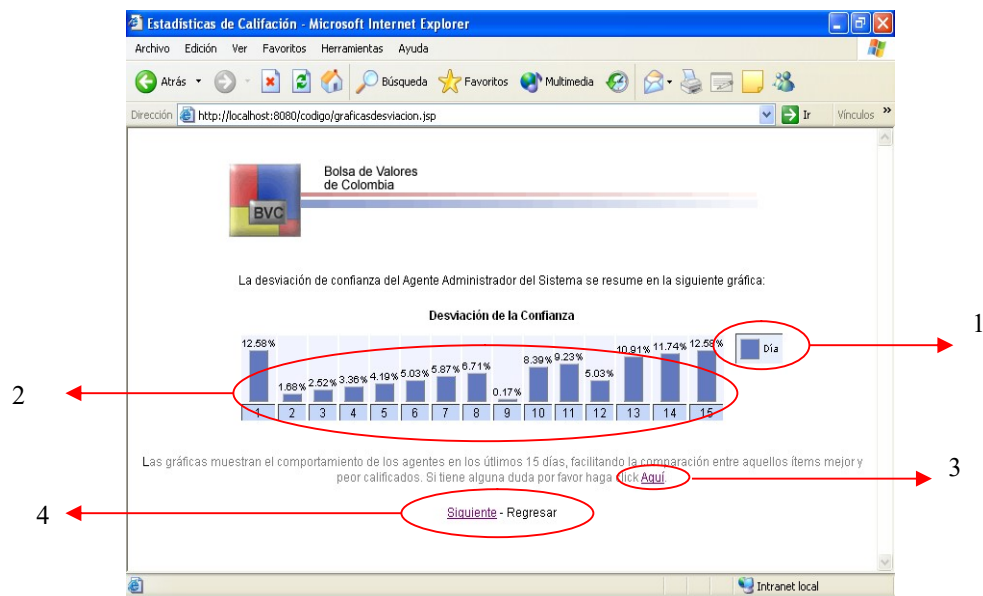
Fuente: Autores del proyecto

Si va a revisar las transacciones de la Bolsa de Valores, puede observar las cifras de las tasas en que el mercado está negociando los CDTs (2) y los registros de negociaciones (3). También puede ir al inicio de la Rueda o buscar ayuda (1).

Si un CDT ha sido negociado, el administrador envía un correo electrónico a los comisionistas interesados. La negociación de los CDT's es realizada por los agentes, por lo tanto el usuario sólo conocerá los resultados de las negociaciones

a través de la interfaz de transacciones o cuando recibe una notificación por parte del administrador.

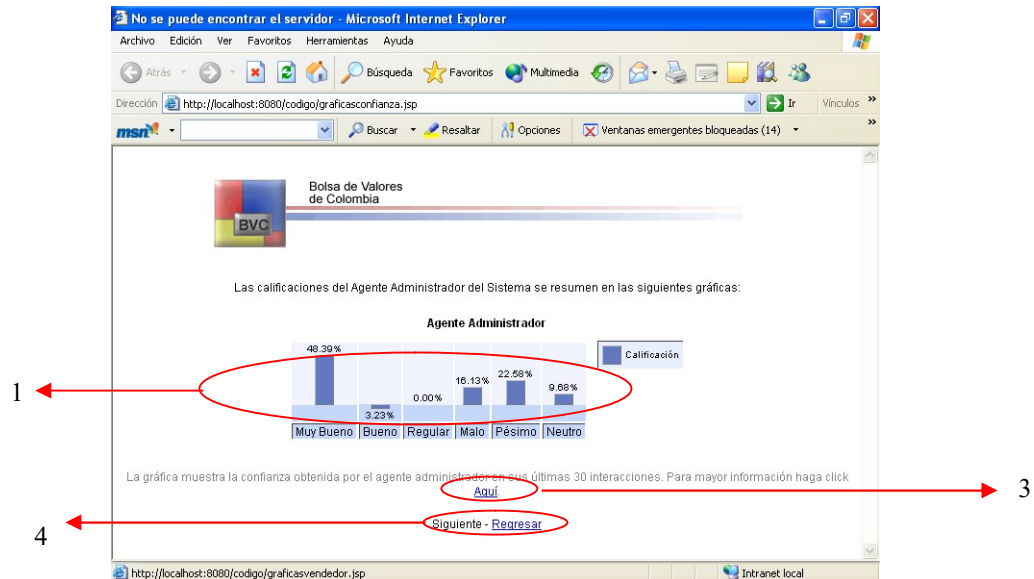
Figura 79. Interfaz de usuario estadísticas de las calificaciones.



Fuente: Autores del proyecto

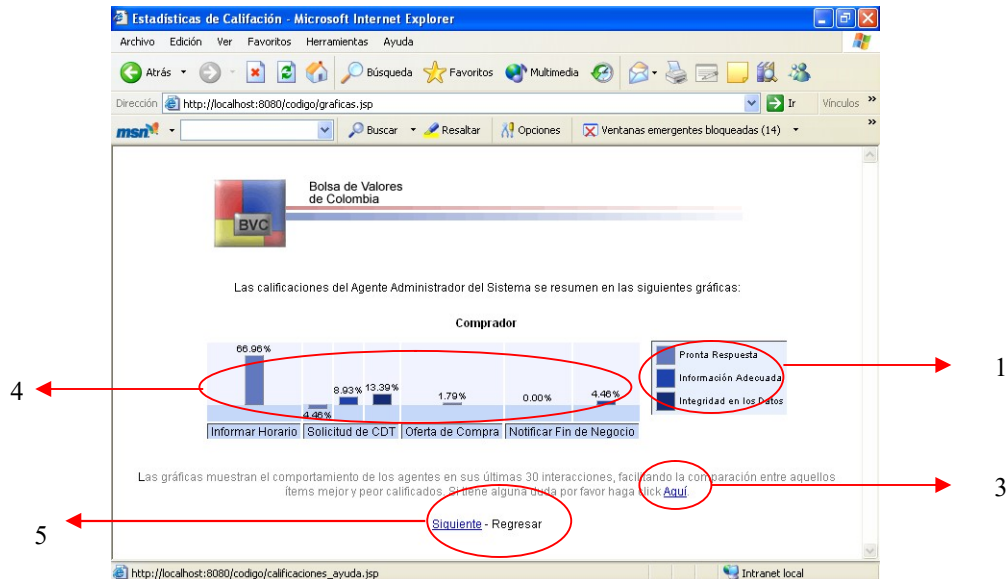
Finalmente, cuando un comisionista desea salir de la aplicación, se le presentan las calificaciones que los agentes le han otorgado al administrador del sistema. De forma gráfica se presenta la desviación de confianza del administrador de las últimas 15 interacciones (1), señalando el día de cada interacción (1). Si el usuario desea obtener ayuda, puede dirigirse al link de ayuda (3) o puede regresar a la página anterior (4).

Figura 80. Interfaz de usuario rango de las calificaciones del administrador del sistema.



En ésta interfaz el usuario podrá visualizar el porcentaje de calificaciones que el administrador de la rueda ha obtenido durante las últimas 15 interacciones y que se ubican en una escala definida en la sección (4.4.1) en la cual se describen los rangos de cada interacción (1). Para obtener ayuda, el usuario hace clic en (3). Si desea ver la gráfica siguiente o regresar a la página anterior elige la opción en (4).

Figura 81. Interfaz de usuario calificación otorgada al administrador del sistema al finalizar la rueda de negociación.



Fuente Autores del proyecto

En la opción (1) se muestran los contratos que se realizaron y que el agente comisionista ha calificado, si el usuario desea obtener ayuda hace clic en el link de ayuda (3). En la interfaz se visualiza el porcentaje de confianza que obtuvo el agente administrador del sistema durante el transcurso de la rueda de negociación (4). Si el comisionista desea regresar a la página anterior o ver la gráfica siguiente selecciona su acción en (5).

7.5 CODIFICACIÓN

La implementación de las clases representan una de las etapas más importantes en el desarrollo de cualquier aplicación. A continuación se presenta una porción de código de clases elaboradas en Java y Jade.

- Clase Rueda: esta clase contiene varios métodos que son los encargados de administrar la rueda de negociación. A continuación se presenta el método llamado `compararOferta()`, el cual debe revisar en la Base de Datos del sistema, las solicitudes de compra que los agentes han realizado y buscar en la tabla `cdt`, si entre aquellos que están inscritos existe alguno que cumpla con las características especificadas. Si encuentra varios CDT's que coincidan con lo buscado, realiza las proyecciones para determinar cuál es el mejor título, lo devuelve y revisa el rango de oferta que el comprador está dispuesto a pagar. Si el mínimo valor que va a ofertar es mayor que la oferta existente hasta el momento - si la hay -, la nueva oferta reemplaza a la presente. Esta acción se ejecuta de manera cíclica durante toda la rueda.

A continuación se presenta la estructura de los agentes y el proceso de comunicación y creación entre ellos además de una porción de código de ese método, por cuestiones prácticas no se describen todas las líneas que lo componen .

```

        //se definen las librerías
import java.sql.*;

public class Rueda {

//método para comparar las ofertas que existen

public Object[] compararOferta()

{
    try{
        // se realiza la conexión a la Base de Datos del sistema.
        .
        .
        .
        // se revisan las solicitudes de compra que tiene el administrador

resultado = st.executeUpdate("SELECT * FROM portafolio_comprador");

//obtiene los datos necesarios para realizar la búsqueda
while(resultado.next())

    {
        valorminimo=resultado.getDouble("valorminimo");
        valormaximo=resultado.getDouble("valormaximo");
        .
        .
        .
        //se consultan los valores que se quieren encontrar. Si no se encuentra ningún valor, se
        realiza otro criterio de búsqueda.

consulta = st.executeUpdate("SELECT * FROM ccdt WHERE (valor>="+valorminimo+"")
AND (valor<="+valormaximo+"")AND (madurez="+madurez+"") AND
(banco="+banco+"") ");
        .
        .
        // los valores que se encuentran, se guardan en un objeto tipo CDT[]
while(consulta.next())
    {
        .
        .
    }
}
}

```



```

        cdt[i]=new(ccdt,banco,valor,tasa,madurezfecha_venc); }
.
.
//se realiza la proyección de los CDTs
elegido= proyeccion.evaluar(cdt);

//se revisa si ya está siendo ofertado el cdt
result = st.executeQuery("SELECT * FROM oferta WHERE ccdt= '"+ccdt+"'");

//se obtiene el valor para realizar las comparaciones
while(result.next())
    {
        val = consult.getString("valor");
        encuentra = true;
    }
.
.
.
//se compara si el valor de minimo es mayor al que se está ofertando, si es así se
se actualizan datos
if(valorminimo> val)
    {
        st.executeUpdate("UPDATE ccdt SET negociando =0 WHERE ccdt= '"+ccdt+"'");
        st.executeUpdate("UPDATE oferta SET valor = "+valorminimo+" numcdt
        ="+numcdt+",negociando="1" WHERE ccdt= '"+ccdt+"'");
    }
.
.
.
//si no hay ofertas, ese valor es el primero en ofertar, se captura la hora, para que otro
metodo vaya revisando el fin del negocio,
if(encuentra==false)
    {
        .....horas=hora.get(Calendar.HOUR_OF_DAY);

        int hora = cal.get(Calendar.HOUR_OF_DAY);
        int minuto = cal.get(Calendar.MINUTE);
        String tiempo=""+hora+":"+minuto;
        st.executeUpdate("INSERT INTO oferta (numcdt,valor,hora)
        VALUES('"+numcdt+"','"+valor+"','"+tiempo+"')");
    }
.
.
.

```

La siguiente clase implementada en Java se denomina Confianza. En ella se encuentran los métodos encargados de evaluar la confianza del administrador. A continuación se presenta el método `interaccionDirecta()`, el cual se encarga de aplicar las fórmulas derivadas del modelo de FIRE para una interacción directa. El código que se muestra es sólo una porción de dicho método.

```
// método que evalúa la interacción directa. Recibe el resultado de una consulta SQL
public void interaccionDirecta(ResultSet resultado)
{
    ...//se declaran las variables

    //se realiza la conexión a la base de datos
    try{

        Connection con = bd.SetConect("Publica");
        Statement st = con.createStatement();

        // se obtienen los datos de la consulta de SQL
        while(i<filas)
        {
            .
            .
            matriz[i][3] = resultado.getString("calificacion esperada");
            matriz[i][4] = resultado.getString("calificacion obtenida");
        }

        // se asignan los valores de los pesos de acuerdo al orden de calificación de los
        comisionistas
        for(int cont=0;cont<filas;cont++)
        {
            m= m+filas;
            filas--;
        }
    }
}
```

```

        pesodoble = filas/m;
        st.executeUpdate("UPDATE testigos directos SET peso = "+pesodoble);
    }

//se hace la formula para mirar el coeficiente de interaccion directa

for(i=0; i< filas; i++)
{
    ...
    it = pesodoble*valordoble; //peso por valor
}

//para saber si los datos provienen del numero limite permitido
pn = hallarPn(filas);

//para saber la desviacion de confianza=(peso*(valor-coeficiente de confianza))/2

for(i=0;i<matriz.length;i++)
{
    pesodoble=Double.valueOf(matriz[i][5]).doubleValue();
    valordoble=Double.valueOf(matriz[i][4]).doubleValue();
    double itdoble=Double.valueOf(matriz[i][6]).doubleValue();

    pdf= (pesodoble*(valordoble-itdoble))/2;
}
pd= 1-pdf;

////formula para medir la confianza de las interacciones
    pt= pn*pd;
//formula para medir la utilidad
    u = hallarUtilidad(matriz);

    st.executeUpdate("UPDATE testigos directos SET utilidad = "+u); ....}

```

A continuación se presenta una clase desarrollada en JADE, denominada AgenteAdministrador, en la cual se describen las acciones y mensajes que se realizan entre los agentes para llevar a cabo las negociaciones. El código mostrado corresponde sólo a una parte de la clase.

```

.
.
.
//Se importan los paquetes y librerías requeridos para cada una de las funciones //utilizadas
en el sistema

import jade.domain.FIPAAgentManagement.*;
import jade.wrapper.*;

//Se declara la clases AgenteAdministrador la cual extiende de Agente y se inicializa su
//método principal septup.
public class AgenteAdministrador extends Agent {

//En el setup se registra el agente en el DFA y se declaran cada uno de los
//comportamientos que va a desarrollar el agente.

protected void setup() {

    DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();
    dfd.setName(getAID());
    try {
        DFService.register(this, dfd);
    } catch (FIPAException err) {
        System.out.println("No me pude registrar en el DF :-(");
    }
    addBehaviour(new EscucharMensajes());
}

//Clase que extiende del comportamiento CyclicBehaviour el cual se ejecuta
//constantemente en el sistema de forma cíclica.

class EscucharMensajes extends CyclicBehaviour {
    public void action() {
        ACLMessage msg = myAgent.receive();
        if (msg != null) {
            try {
                //Mediante el instanceof podemos determinar el tipo de mensaje que está recibiendo el
                //agente en un instante de tiempo .
                if(msg instanceof MensajeSistema) {
                    String accion = (MensajeSistema)msg.accion;

```

//Según el tipo de mensaje realiza una acción específica como se muestra a continuación si recibe un mensaje tipo "CREAR_COMPRADOR", crea en el contenedor de jade el agente del cual recibió la solicitud.

```

        if(accion.equals("CREAR_COMPRADOR")) {
            String codigoUsuario=(MensajeSistema)msg.codigoUsuario;
            ContainerController containerController = getContainerController();
            containerController.createNewAgent("comprador-"+codigoUsuario,
            "AgenteComprador", null);
            Rueda rueda = new Rueda();
            rueda.agregarAgente(codigoUsuario);
        }
    }
}
//Recibe un mensaje del comprador en el ingresa todos los CDT's existentes en su
portafolio a la rueda para que sean vendidos
    if(msg instanceof MensajeComprador) {
        String accion = (MensajeComprador)msg.accion;
        if(accion.equals("RECIBIR_SOLICITUDES")) {
            CDT[] vectorCdt = msg.vectorCdt;
            Portafolio portafolio = new Portafolio();
            portafolio.guardarComprador(vectorCdt);
        }
    }

    if(msg instanceof MensajeVendedor) {
        .
        .
        .
    }
}
//Recibe un mensaje para realizar la calificación correspondiente a las acciones que ha
realizado con un determinado comisionista.
    if(msg instanceof MensajeCalificacion) {
        String accion = (MensajeCalificacion)msg.accion;
        if(accion.equals("RECIBIR_CALIFICACION")) {
            .
            .
            .
            String tipoAgente = agenteRemitente.subString(0,
            agenteRemitente.indexOf("-")-1);
            Calificacion calificacion = new Calificacion();
            Calificacion.calificar(tipoAgente, codigoUsuario, item, calificacion);
            .
        }
    }
}

```

```

        .
        .
//Destruye el agente cuando la rueda de negociación a culminado.
    try {
        jade.wrapper.AgentContainer agentContainer = getContainerController();
        agentContainer.kill();
    } catch(Exception e) {
        System.out.println("No se pudo cerrar el cotenedor (" + e + ")");
    }
    doDelete();
}
}
}
//recibe los mensajes de la rueda
    if(msg instanceof MensajeRueda) {
        .
        .
        .
    }
    } catch(Exception e) {
        }
        } else {
        block();
        }
    }
}
}

```

7.6 COMUNICACIÓN JSP-JADE

Después de realizar múltiples pruebas e intentos de comunicación entre la plataforma JADE y JSP, se decidió que la comunicación entre los agentes y el usuario final se efectuaría a través de las Bases de Datos diseñadas. De esta manera, cuando un usuario ingresa al sistema, inserta CDTS o sale de la rueda queda registrado en las Bases de Datos, al crear los agentes en JADE, deben

revisar los datos que se hayan almacenado y de acuerdo al valor de éstos, los agentes proceden a actuar e inician las negociaciones, modificando también los registros existentes.

Para un mayor entendimiento a continuación se explica en detalle el funcionamiento entre los agentes creados, las bases de datos desarrolladas y la tecnología JSP.

- Agente Administrador del sistema: Encargado de llevar a cabo las negociaciones entre los agentes Comisionistas, abrir y cerrar las ruedas de negociaciones y mantener las transacciones transparentes.
- Agente Activador, encargado de controlar el ingreso de nuevos usuarios al sistema o registro de nuevos CDT's. Este es un auxiliar del Agente Administrador.
- Agente Rueda, encargado de analizar el tiempo de oferta y colocación de los CDT's que están siendo negociados. Auxiliar del Agente Administrador del sistema.
- Agente Comisionista Comprador: Representante del usuario comisionista que ingresa al sistema para la compra de CDT's
- Agente Comisionista Vendedor: Representante del usuario comisionista que ingresa a la rueda de negociaciones para la venta de los títulos valores.

- Agente Portafolio: Se crea uno por cada Agente Comisionista que ingresa al sistema, es el encargado de controlar e informar a cada Agente Comisionista de los CDT's que se tienen para negociar y de aquellos títulos que han vencido y por lo tanto son eliminados de la base de datos portafolio.
- Agente Informer: Es el encargado de mostrar al Agente Administrador del sistema el valor con que están siendo negociados los CDT's en el mercado.
- Base de datos Sistema: Es la base de datos manejada por el agente Administrador del sistema, donde se encuentran registrados los históricos de venta y compra de CDT's, las calificaciones recibidas durante cada una de las diferentes ruedas por los agentes comisionistas y se almacenan las ofertas realizadas por cada título que este siendo negociado.
- Base de datos del Portafolio: Se encuentran almacenados cada uno de los CDT's que tengan los comisionistas ya sea para la venta o compra, los históricos de negociaciones realizadas y calificaciones otorgadas al Agente Administrador durante las diferentes transacciones.
- Base de datos Pública: Están depositadas cada una de las calificaciones otorgadas por cada Agente Comisionista al Agente Administrador del Sistema, con el fin de otorgar a cada Agente que ingrese nuevo al sistema un promedio del comportamiento que ha tenido el Agente Administrador del Sistema durante las diversas ruedas de negociaciones realizadas.

Una vez analizadas las acciones que cumple cada agente se describirá el proceso de comunicación entre cada uno de estos.

1. El usuario ingresa al sistema por medio de la interfaz JSP del portafolio, en la cual tiene diferentes opciones a realizar en el sistema, puede ver su histórico de CDT's, los que tiene almacenados para negociar y la opción de inscripción, edición o eliminación de los mismos.
2. Una vez actualizado su portafolio encontrará la opción "ACTIVAR AGENTNES", la cual lo lleva a una nueva ventana donde se registra si es su primera vez en la Bolsa de valores como comisionista o se logarea para su posterior ingreso.
3. Al llevarse a cabo este proceso, la interfaz JSP hace un llamado a la clase para validar el usuario y posteriormente cambiar su estado en la base de datos (1 si es comisionista comprador, 2 si es comisionista vendedor) dependiendo del código con que hallan ingresado (0-199 comprador, 200-399 vendedor).
4. A las 8:00 AM se activa el sistema de agentes y se crean los diferentes agentes (Administrador del sistema, Agente rueda, Agente activador, Agente informer) en la plataforma JADE.
5. El agente informer comunica al agente administrador el valor de las variables del mercado para la compra y venta de CDT's.
6. El agente activador esta analizando el estado del comisionista cada cierto intervalo de tiempo, una vez este estado cambie de un estado 0 a 1 ó 2 dicho agente enviará un mensaje al agente administrador.

7. El agente administrador ejecuta la tarea de “crear agente”, ésta tarea creara un agente Comprador si el numero es 1 o Vendedor si el numero es 2, cada uno de estos agentes a su vez ejecutará la tarea de crear su propio portafolio.
8. El agente administrador envía el mensaje a los comisionistas para que realicen su primera calificación que corresponderá al análisis de los resultados arrojados por la base de datos Publica y Sistema si es la primera vez del agente comisionista o al de la base de datos de su portafolio y publica si el comisionistas ya a ingreso con anterioridad (dependiendo del numero de veces contabilizado en la base de datos sistema). Este primer resultado se almacena en la base de datos del portafolio y la base de datos Publica.
9. Los agentes portafolio le comunican a sus agentes comisionistas los CDT’s que tienen para negociar una vez hallan actualizado la base de datos portafolio.
10. Los agentes comisionistas envíen el mensaje de los títulos a negociar al agente administrador del sistema.
11. El administrador del sistema los envía al Agente Rueda que se encarga de registrarlos en la base de datos del sistema y analizar cuales títulos casan y comenzar de esta manera las negociaciones pertinentes.
12. Cada hora el agente rueda esta verificando el limite de tiempo el cual es una hora por cada negociación para informarle al agente administrador que títulos han terminado su tiempo de puja.

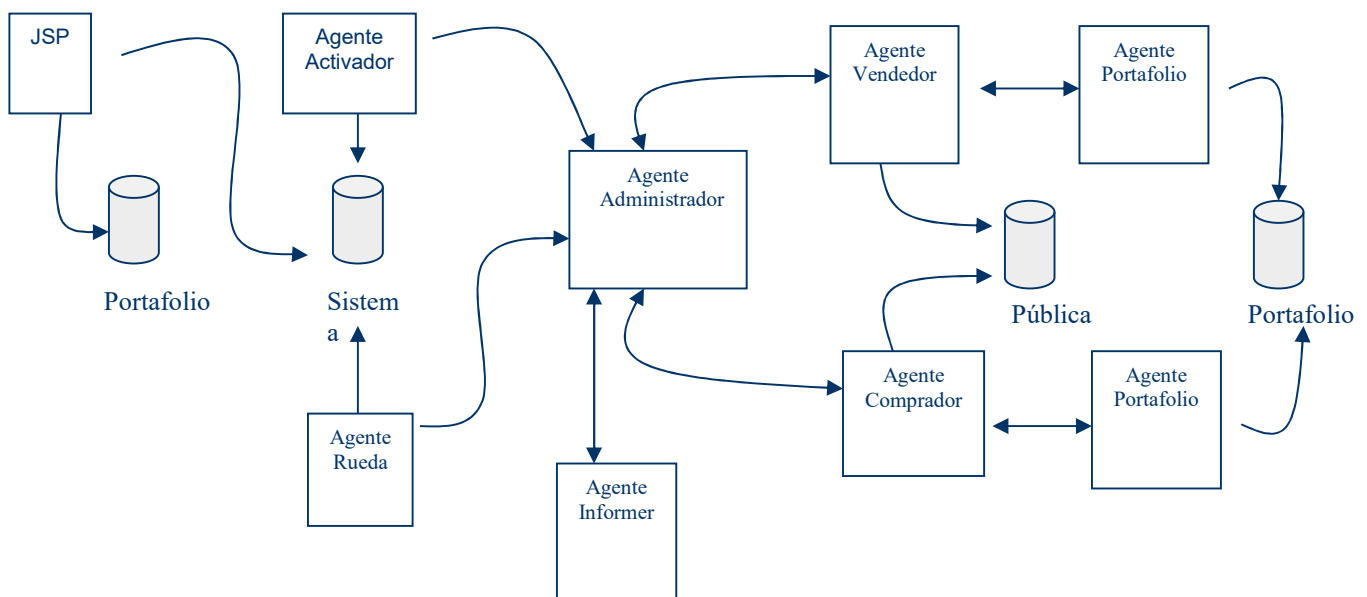
13. Cuando el agente administrador recibe el mensaje de venta de títulos, se encarga de enviar la notificación a cada uno de los agentes involucrados en el negocio.
14. el agente comisionista al recibir la notificación de negociación por parte del agente administrador le envía el mensaje al agente portafolio.
15. El agente portafolio registra los CDT's en el historial y elimina dichos títulos de los que posee para negociar.
16. El agente rueda verifica el tiempo limite del sistema constantemente, para comunicarle al agente administrador del sistema que la rueda debe cerrarse.
17. Si el tiempo del sistema es concurrente con las 3:00 PM, el agente rueda comunica al agente administrador de todas las transacciones que quedaron en tramite como negociadas.
18. Se realizan los pasos 11,12 y 13 nuevamente.
19. El agente administrador envía el mensaje de calificación final a cada uno de los comisionistas.
20. Dependiendo los trámites y títulos negociados el agente comisionista otorga una la calificación esperada al agente administrador, la cual es almacenada en la base de datos del sistema y la base de datos publica.
21. El agente rueda envía el mensaje a todos los agentes (Comisionistas, rueda y activador) de salir del sistema.
22. El agente comisionista elimina su agente portafolio de la plataforma JADE.
23. Todos los agentes son eliminados de la plataforma JADE.

24. El usuario por medio de la interfaz del sistema puede ver los procesos internos de negociación (que títulos han sido negociados y cuales han sido rechazados o superados en su oferta).

25. Las gráficas que muestran el comportamiento y calificaciones del agente administrador del sistema durante sus actuaciones en las diferentes ruedas.

En la Figura 16 se visualiza el proceso de comunicacion de los agentes creados para el Sistema de la Bolsa de Valores de Colombia.

Figura 16 Funcionamiento del sistema de la Bolsa de Valores de Colombia



8. PRUEBAS DEL SISTEMA

Una etapa trascendental en el desarrollo de cualquier aplicación son las pruebas que se hagan al funcionamiento del sistema. Estas se clasifican de acuerdo al objetivo que se quiera conseguir con ellas, según Pressman⁴⁶ se tienen las siguientes pruebas:

A las pruebas se les debería hacer seguimiento hasta los requerimientos de los clientes, ya que en su mayoría, los principales errores en las aplicaciones radica en la incapacidad para satisfacer las necesidades del usuario.

⁴⁶ PRESSMAN, Roger S.. Ingeniería del software: Un enfoque práctico, Quinta edición, McGrawHill, Madrid.

- *Las pruebas deberían planificarse mucho antes de que empiecen;* las pruebas pueden empezarse a planear cuando el diseño esté listo.
- *Las pruebas deberían empezar por lo pequeño y progresar hacia lo grande.* Las primeras pruebas deben enfocarse en las primeras partes de la aplicación y luego revisar el sistema entero.
- *No son posibles las pruebas exhaustivas.* Es imposible ejecutar todas las combinaciones de caminos posibles durante las pruebas.
- *Para ser más eficaces, las pruebas deberían ser realizadas por un equipo “independiente”.* Generalmente, el ingeniero que desarrolló el software no es el más indicado para encontrar errores.

Pressman describe diferentes tipos de pruebas que dependen del tipo de aplicación y del objetivo que tenga la prueba a realizar. Para la realización de este proyecto, se seleccionaron algunos tipos de prueba por considerarlos apropiados para los propósitos buscados:

- Pruebas de las aplicaciones basadas en WEB:

Dentro de este grupo cabe resaltar:

-La WebApp se comprueba con una población de usuarios finales controlada y monitorizada: Se selecciona un grupo de usuarios que abarquen los roles del sistema y se pone en marcha la aplicación para tratar de detectar errores de rendimiento, compatibilidad y usabilidad.

- Pruebas de Validación:

-Prueba de alfa y beta:

Prueba alfa: se lleva a cabo por un solo cliente, generalmente el desarrollador se encuentra a su lado tomando nota de los errores que tiene el sistema. Se llevan a cabo en un entorno controlado.

Prueba beta: es una versión “en vivo” del software. Los usuarios finales prueban la aplicación desde cualquier lugar, sin que el desarrollador esté presente y van tomando nota y reportando informes de errores para que el desarrollador del software pueda realizar las modificaciones y entregar una aplicación que funcione de acuerdo a los requerimientos.

8.1 APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS EN LA BVC

El objetivo que se busca con la utilización de pruebas en esta aplicación es el de asegurarse que el modelo de confianza implementado en el prototipo funcione coherentemente con los conceptos estudiados en los modelos de confianza y que arroje resultados similares a los obtenidos por medio de estadísticas manuales, así mismo que el usuario esté satisfecho con el desarrollo de la aplicación. La muestra sobre las cuales se harán las pruebas es de 21 personas, con el

propósito de contar con un número de registros aceptable para evaluar el comportamiento de la aplicación:

- 1 Docente de la facultad de Ingeniería Financiera de la UNAB.
- 20 Estudiantes de la misma facultad.

Teniendo en cuenta las pruebas descritas en el apartado 8, se van a aplicar las siguientes pruebas:

- Al tratarse de una aplicación WEB se va a seleccionar un grupo de usuarios que prueben la aplicación y anoten sus apreciaciones, más concretamente se va a ser uso de las pruebas *alfa* y *beta*.
- Como prueba alfa se va a contar con la asistencia de un Ingeniero Financiero, quien siendo conocedor del tema, va a hacer uso de la aplicación y va a dar sus apreciaciones de ésta, contando sus inquietudes y sugerencias al prototipo, especialmente al funcionamiento y efectividad de las negociaciones.
- Como prueba beta se va a seleccionar un grupo de personas, que tengan conocimientos del funcionamiento de la Bolsa de Valores, para que manejen el sistema por un lapso de tiempo no mayor a una hora y llenen los formatos de pruebas. Las pruebas serán realizadas a administradores de empresas, ingenieros financieros y estudiantes de Ingeniería Financiera, de manera que se pueda garantizar una calificación confiable sobre el desempeño del administrador. Ellos jugarán en el rol de comisionista

comprador y vendedor durante tres ruedas y negociarán diferentes tipos de CDT's. Al finalizar la prueba, harán entrega de las sugerencias para que se puedan realizar las correcciones y las estadísticas respectivas.

- Finalmente, se tabularán los datos obtenidos y se presentará un análisis comparativo entre los resultados entregados por los alumnos y el docente y los resultados arrojados por el sistema. Se aplicará una desviación entre los datos y se realizarán las respectivas conclusiones.

El formato de pruebas a usar es el siguiente. Es una propuesta tentativa, la cuál será validada por el experto de la facultad de ingeniería de sistemas y de ingeniería financiera.

Apreciaciones subjetivas:

Tabla28 Formato de pruebas.

Preguntas	Si	No	Sugerencias	Observaciones
¿Le resultó la aplicación sencilla de manejar?				
¿Se asemeja al funcionamiento real de la BVC? Sugerencias				
¿En cuanto a los resultados				

de calificación, está de acuerdo con la evaluación obtenida?				
¿El tiempo de respuesta fue aceptable?				
¿La aplicación llenó las expectativas que tenía? ¿Qué mejoras considera apropiadas para el manejo de la rueda?				
¿Los CDTs que se negociaron en la rueda, son adecuados para la BVC?				
¿Considera suficientes para el software los rangos de madurez de los CDTs que se inscriben en el sistema? Sugerencias				
¿En cuanto a los CDTs que compró, llenaron sus expectativas?				

Fuente: Autores del proyecto

También se pedirá al usuario que califique al administrador dentro del rango manejado en el modelo de confianza $[-1,1]$:

Tabla 29. Formato de aspectos a calificar.

Aspecto a Calificar	Calificación	Observaciones
Selección de la oferta que obtenga ganancias al CDT a vender		
Selección del mejor CDT relacionado con la oferta requerida por el comprador		
Cantidad de negocios efectuados.		

Fuente: Autores del proyecto

9. CONCLUSIONES

Para desarrollar un prototipo del sistema de la Bolsa de Valores de Colombia fue necesario investigar y estudiar acerca del funcionamiento de esta entidad: sus actividades principales, los actores que intervienen, el horario de transacciones, los títulos negociados, entre otros temas. No obstante, la implementación de agentes requirió ampliar el ámbito de estudio, demandando una conceptualización precisa de las labores que se desempeñan en el sistema. Por esta razón, se analizó y desarrolló detenidamente los modelos necesarios para caracterizar a los agentes que intervienen en cualquier sistema, enfocándonos en nuestro caso de estudio.

En el desarrollo de un sistema multiagente, no sólo es importante modelar el contexto en el que se desenvuelven los actores del sistema, sino también, es trascendental analizar y moldear los roles que cada participante va a adquirir, así como las restricciones y limitaciones que cada uno tiene y la manera en que se

van a comunicar entre ellos. Desde este punto de vista, las metodologías desarrolladas para el modelado de agentes proponen diferentes formas de acondicionarlos, sin embargo, la selección de la metodología Gaia II soportó la implementación de una representación adaptable a las necesidades del presente caso de estudio presentando una serie de pasos y etapas que introducen y guían en el modelado del sistema, con el respaldo de su antecesora Gaia, la cual tiene como referencias las múltiples aplicaciones en donde ha sido implementada, entre las que cabe mencionar algunas desarrolladas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga: Prototipo de Aplicación del Comercio Electrónico Utilizando la Metodología Gaia al Desarrollo de Software Orientado a Agentes⁴⁷ y El Prototipo de un Sistema Multiagente de Filtrado Cognitivo Bajo la Metodología Gaia. No obstante, esta última versión de Gaia implementa en su arquitectura la creación de una estructura organizacional soportada por roles, protocolos y reglas organizacionales, que permiten el manejo de los agentes en sistemas dinámicos y complejos y amplía las fases de requerimiento y análisis, lo cual representó para este proyecto, una mayor facilidad en el momento de abstraer el sistema real en las reglas sugeridas por esta metodología.

Para alcanzar el propósito de este proyecto, el cual basa sus intenciones en el análisis y la aplicación de un modelo de confianza en un prototipo de la BVC, se

⁴⁷

requirió el uso de herramientas y modelos que apoyaran los resultados arrojados por Gaia II. En esta instancia, el uso del modelo FIRE⁴⁸ representó un soporte para los fines descritos anteriormente.

Con la selección y desarrollo del modelo FIRE, complementado con las nociones generales del análisis y evaluación de la confianza en sistemas multiagentes, se consiguió una guía completa de fórmulas y reglas que describían la manera más adecuada de implementar análisis de los niveles confianza en una aplicación formada por agentes. La descripción de métricas de confianza y de escalas de evaluación descritas y desarrolladas en FIRE facilitaron la comprensión de las evaluaciones que deben practicar los agentes a otros, en este caso, proporcionaron un indicador acerca de la forma en la que los comisionistas deben evaluar al administrador del sistema en todas las interacciones posibles entre ellos. Al mismo tiempo, las escalas facilitaron al usuario la comparación de los comportamientos de un agente con los de un ser humano, ya que se usaron niveles lingüísticos básicos, tales como: bueno, malo o regular.

De esta manera, complementando las conclusiones arrojadas por el modelado de agentes y el de confianza, se facilitó la definición de una arquitectura de confianza, la cual fue indispensable para obtener una visión más aproximada acerca del

⁴⁸ HUYNH T., Dong. JENNINGS, Nicholas R. y SHADBOLT, Nigel R. Fire: an Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems, 2003

funcionamiento de todo el sistema, es decir, en esta arquitectura se pudo definir el proceso que los agentes realizan desde el momento en que ingresan al sistema hasta cuando terminan sus intervenciones, incluyendo el momento en que deben evaluar la confianza del administrador de sistema. La creación previa de la arquitectura aportó en el desarrollo de la aplicación una disminución de tiempo invertido en el diseño de ésta.

El análisis de las fórmulas definidas por FIRE, mostró que los valores de confianza se relacionan proporcionalmente con el número de registros que se encuentran en el sistema, es decir, entre más usuarios ingresen al sistema, el modelo arrojará niveles de confianza más exactos. Los resultados obtenidos al implementar y manipular la variable P_n (Ver Sección 4.3.1) con cantidades diferentes en los registros del sistema, permite sustentar esta afirmación.

Así mismo, para el desarrollo del prototipo se seleccionó el lenguaje de programación Java, ya que provee facilidades para la implementación de agentes, es robusto y permite la integración de diversas tecnologías, y para este caso, es fácilmente aplicable en entornos WEB y tiene una comunicación sencilla con manejadores de bases de datos, como MySQL. Con el desarrollo de la aplicación WEB y con la selección de las pruebas a ejecutar, se espera realizar comparaciones y obtener resultados que finalmente permitan sustentar los conceptos del modelo de confianza. Los resultados presentados, muestran el

desempeño del sistema en un ambiente donde la cantidad de usuarios es impredecible y cuyas calificaciones ilustran el comportamiento del administrados.

Con las pruebas realizadas se concluye que el sistema alcanza los objetivos para los cuales fue creado.

10. TRABAJOS FUTUROS

El estudio que se realizó a lo largo de este trabajo se enfocó en el análisis de los conceptos de modelos de confianza en sistemas multiagentes y en la implementación de uno de ellos en el caso de estudio de la Bolsa de Valores colombiana, donde se evaluó el comportamiento del agente administrador en las transacciones de títulos de renta fija, específicamente los Certificados de Depósito a Terminio (CDT).

A pesar de los grandes esfuerzos de construir un sistema mulitagentes, se encuentra fuera del alcance de este proyecto la implementación de agentes inteligentes, por lo que se presenta como una sugerencia para trabajos futuros, en donde sería interesante que los agentes comisionistas y el administrador del

sistema tengan inteligencia en la toma de decisiones para lograr una aproximación más cercana a la realidad.

También proponemos la existencia de más de un administrador para que un comisionista tenga la capacidad de decidir con quien interactuar de acuerdo a las calificaciones de confianza presentadas.

Consideramos que este proyecto representa un primer paso en la aplicación de los modelos de confianza en aplicaciones basados en los negocios WEB en mercados nacionales.

11. REFERENCIAS

AMEUR, Ben y HOUSSEIN, Encheres. Multi-Objets Pour la Negociation Automatique Et le Commerce Electronique, publicación número AAT MQ70989, Universite Laval (Canada) , 2001.

ARENAS, A. E y BARRERA SANABRIA, Gareth. “Applying the MAS – CommonKADS Methodology to the Flights Reservation Problem: Integrating Coordination and Expertise” , Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, en la serie “Knowledge – Based Software Engineering” IOS Press. ISSN 1 58603 274 7 (IOS Press).2002.

BACCA VERGEL, Diego Fernando y CLARO PÉREZ, Freddy Alonso. Sistematización de un Simulador Gerencial (Juego De Negocios), En Ambiente

WEB, Prototipo 2, tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga , 2003.

BARRERA SANABRIA, Gareth y RODRÍGUEZ BUITRAGO, Carolina. Aplicación de una metodología orientada a agentes en la implantación de un sistema de reserva automática de vuelos. Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2002.

BIN, Yuy. MAHADEVAN, Venkatraman, y MUNINDAR, Singh. An Adaptive Social Network for Information Access: Theoretical and Experimental Results Department of Computer Science North Carolina State University.

BOTTI, J. VICENTE J. Julián. Estudio de métodos de desarrollo de sistemas, departamento de sistemas informáticos y computación, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

BROWN, Leyton y KEVIN, Eric. Resource Allocation In Competitive Multiagent Systems, publicación número AAT 3104268, Stanford University, 2003.

CAIRE, Giovanni. LEAL, Francisco y RODRÍGUEZ, Joao. MESSAGE: methodology for Engineering Systems of Software Agents, Septiembre 2001.

CAMACHO VEGA, Samuel y ROJAS VELASCO, Alejandro. Aplicación de agentes móviles en sistemas workflow. Bucaramanga, 2000, 106 p. Trabajo de Grado (Ingeniero de Sistemas). Universidad Autónoma de Bucaramanga. Facultad de Ingeniería de Sistemas. Bases de Datos.

CARTER, Jonathan. y GHORBANI, Ali A. Towards a Formalization of Trust, University of New Brunswick Fredericton.

CARTER, Leyton y GHORBANI, Ali A. Value Centric Trust In Multiagent Systems, Faculty of Computer Science, University of New Brunswick, Fredericton, NB, E3B 5A3, Canada.

CASAS CASTAÑEDA NORMA, Judith y QUINTANILLA HERRERA, Diana Patricia. Diseño e Implementación de un Prototipo de Comercio Electrónico Utilizando un Paradigma Orientado A Agentes, Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2002.

CASTELFRANCHI, Cristiano y RINO, Falcone. Principles of Trust for Mas : Cognitive Anatomy, Social Importance, and Quantification, Division of "AI, Cognitive Modeling and Interaction", National Research Council - Institute of Psychology - Roma – Italia.

CASTRO, Jaelson. KOLP, Manuel y MYLOOULOS, Jhon. Towards Agent-Oriented Software Development, departamento de ciencias de la computación y centro de informática, de Canadá y Brasil.

CASTRO SANCHEZ, Jose J. JENNINGS, Nicholas R. LUO, Xudong, SHADBOLT y Nigel R. . Acquiring Domain Knowledge for Negotiating Agents: A Case of Study, Universidad de Southampton, Highfield, 2003.

COEHOORN, Robert M. y JENNINGS, Nicholas R.. Learning an Opponent's Preferences to Make Effective Multiissue Negotiation Tradeoffs, Universidad de Southampton, 2004.

CORENA, Eduardo Antonio. NIETO PINZÓN, Willian Antonio y PICO HERNÁNDEZ, Freddy, Prototipo de Aplicación de Comercio Electrónico Utilizando la Metodología Gaia al Desarrollo de Software Orientado a Agentes, Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2002.

DE FRANCESCO, Daniele. KRIKORIAN, RAFFI C. Morris, Joan y MELLEN, Jeffrey C. INSHOP: InShop: Item Recommender, Recipe Recommender, Mapper, 2000.

DELOACH, S. Analysis and Design using MaSE and agentTool. Actas de conferencia. Proceedings of the 12th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference (MAICS). 2001.

DE VREEDE, Gert-Jan. HLUPIC, Vlatka y VERBRAECK, Alexander. Simulation and Knowledge Management: Separated But Inseparable?, 2002.

DÍAZ RANGEL, Gustavo Andrés y SANTAMARÍA CONTRERAS, Julián Rodolfo. Aplicación de la Metodología Massive en el Desarrollo de una Aplicación Financiera, Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2003.

DÍAZ SILVA, José Fabián y MURILLO MESA, Anderson. Diseño e Implementación de un Prototipo de Mercado Virtual Utilizando la Tecnología de Agentes, Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2003.

GARCIA, Alonso Daniel. PAVÓN MESTRAS, Juan. Introducción al estándar FIPA, Departamento de sistemas Informáticos y Programación, UCM informe Técnico UCM-DSIP 98-00 Versión 1.0.

GARCIA OJEDA, Juan Carlos. Buscadores Inteligentes de Información Basados en la Tecnología de Agentes Móviles Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2002.

GÓMEZ SANZ, Jorge J. Metodologías para el desarrollo de sistemas multiagente, departamento de sistemas Informáticas y programación, Facultad de Informática, Universidad Complutense, Madrid.

GRANDISON, Tyrone y SLOMAN, Morris. A Survey Of Trust In Internet Applications, Junio 2001.

<http://www.bvc.com.co>, Bolsa de Valores de Colombia.

HUNHN, Michel N. y STEPHENS, Larry M. Multiagents System and Societies Of Agents.

HUYNH T., Dong. JENNINGS, Nicholas R. y SHADBOLT, Nigel R..Fire: an Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems, 2003

IGLESIAS, C. Tesis Doctoral: Definición de una Metodología par el desarrollo de Sistemas Multi-agente, Departamento de Ingeniería de Sistemas telemáticos, Universidad Politécnica de Madrid, Enero de 1998.

JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.

JENNINGS, Nicholas R. SARVAPALI, DASH Rajdeep K y RAMCHURN D. Trust-Based Mechanism Design, Universidad de Southampton, Southampton, UK. 2004.

JENNINGS, Nicholas. WOOLDRIGE, Michael y KINNY, David. The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design , Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands, 2000.

JIMÉNEZ, Silvestre y RAMOS, Esmeralda. Agentes Inteligentes, Abril del 2000.

JOSANG, A. An Algebra For Assessing Trust In Certification Chains. The Internet Society, 1999.

LAGOUDAKIS y MICHAIL, Gn. Efficient Approximate Policy Iteration Methods For Sequential Decision Making In Reinforcement Learning, publicación número AAT 3114974, Duke University, 2003.

MARTINEZ, Eduardo Antonio y NIETO PINZÓN, William Antonio. Prototipo de Aplicación de Comercio Electrónico Utilizando la Metodología Gaia para el Desarrollo de Software Orientado a Agentes, tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2002.

MEJÍA SALAZAR, María Helena. Prototipo de Un Sistema Multiagente De Filtrado Cognitivo y Colaborativo Bajo la Metodología Gaia, tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2004.

MONTAGU CASTRO, María Clemencia y VARGAS MAYORCA, Jorge Leonardo. Aplicación de la Metodología Ingenierías en la Implementación de un Prototipo de Supply Chain Management, Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2004.

MORRIS, Joan. YOULL, Jimm y MAES, Pattie. IMPULSE, MIT Media Lab, 1999.

MORRIS, Joan y MAES, Pattie. Learning Curve: Simulation-Based Approach to Dynamic Pricing, MIT Media Lab, 1999.

MUI, Lik y PHIL, M. Computational Models of Trust and Reputation: Agents, Evolutionary Games, and Social Networks, 2002.

NWANA, Hyacinth S. Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review.

PATRICK, Andrews S. Building Trustworthy Software Agents, National Research Council of Canada, diciembre 2002.

PATRICK, Andrew. Privacy, Trust, Agents & Users: A Review Of Human-Factors Issues Associated With Building Trustworthy Software, Institute for Information Technology , marzo 2002.

PRESSMAN, Roger S.. Ingeniería del software: Un enfoque práctico, Quinta edición, McGrawHill , Madrid.

RAHMAN ALFAREZ, Abdul y HAILES, Stephen. A Distributed Trust Model, Department of Computer Science, University College London, Gower Street, London WC1E 6BT, United Kingdom.

SABATER, J. SIERRA , C. REGRET: A Reputation Model For Gregarious Societies. 2002.

SHEARIN, Sybil y LIEBERMAN, Henry. Intelligent Profiling By Example, MIT Media Lab, Cambridge, USA, 1999.

SIERRA, Carles. GODO, Luis. JENNINGS, Nicholas R. y SARVAPALI D, Ramchurn. Devising A Trust Model For Multi-Agent Interactions Using Confidence And Reputation. 2004

V. Julián y V. Botti. Agentes Inteligentes: El Siguiete Paso en la Inteligencia Artificial, junio del 2000.

WANG, David. Market Marker, MIT Media Lab, 2000.

WANG, Zichao. A critical study of multi-agent systems: Models, architectures and applications, publicación número AAT MQ83921, Concordia University (CANADA), 2003.

WOO, Kim Joon. Trusting Information and Sources in Open Multi-Agent Systems, publicación número AAT 3119542, The University Of Texas At Austin, 2003.

WOOLDRIGE, Michael y JENNINGS, Nicholas R. Intelligents Agents, Theory And Practice, The Knowledge Engineering Review 10 (2): 115-152,1995

WOOLDRIDGE, Michael y JENNINGS, Nicholas. The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design, Klumer Academic Publishers.

WOOLDRIDGE, Michael. ZAMBONELLI, Franco y JENNINGS, Nicholas R, Developing Multiagent System: The Gaia Methodology, Departmente Of Computer Science, University Of Liverpool, 2003

WOOLDRIDGE, Michael. QUEEN, Mary y COLLEGE, Westfield. Agents And Software Engineering, University of London- London E1 4NS, United Kingdom.

YAN ZHENG, Wei . MOREAU, Luc y JENNINGS, Nicholas R. Market Based Recommender Systems: Learning Users' Interests By Quality Classification And University Of Southampton, Uk.

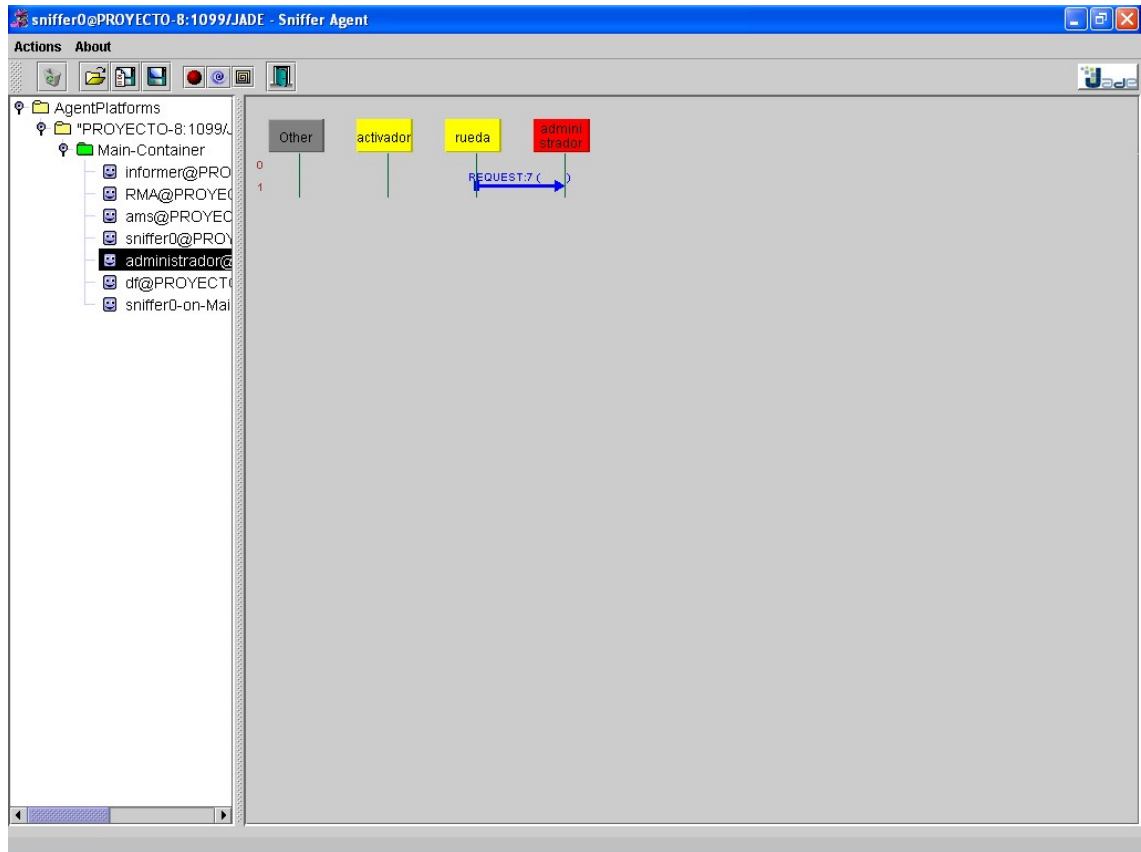
ZHU, Shenghuo. LEARNING TO COOPERATE, The University Of Rochester, publicación número AAT 3085650 , 2003.

ANEXOS

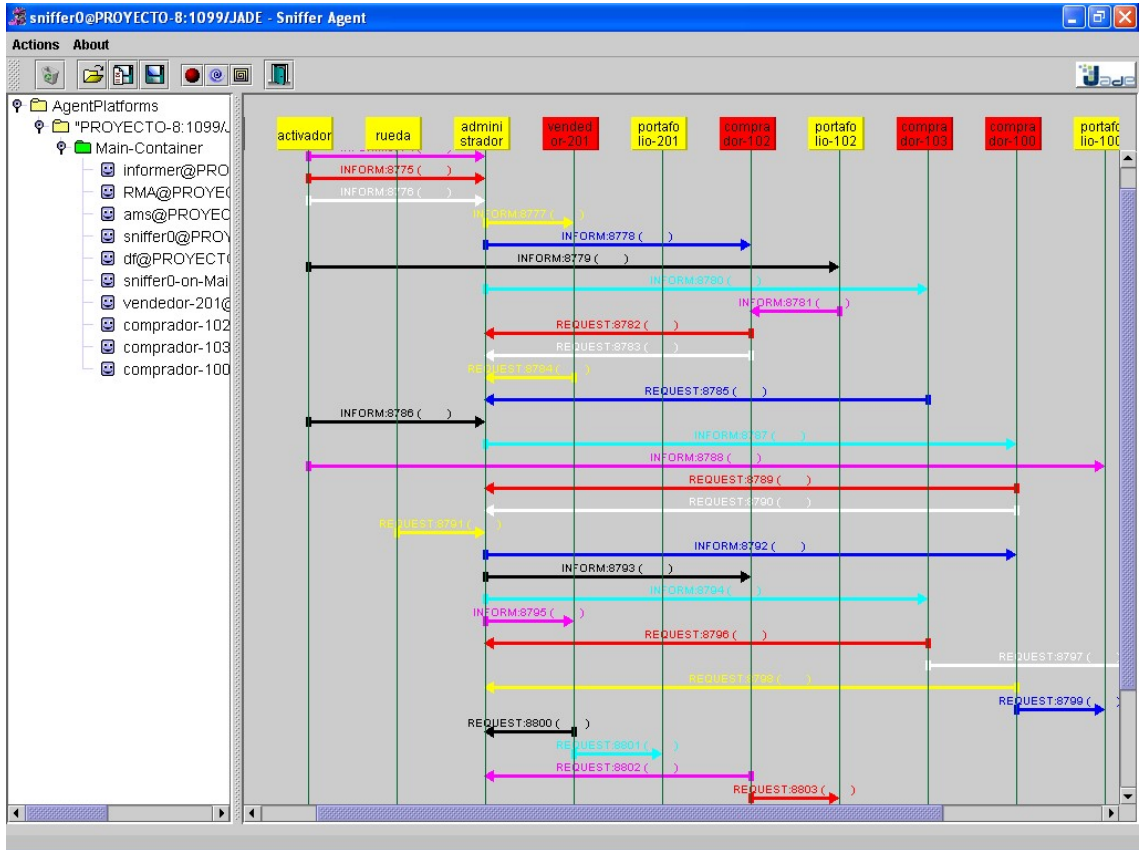
Anexo 1: COMUNICACIÓN DE AGENTES EN JADE

Como se ha estudiado a lo largo del proyecto, JADE permite la comunicación entre agentes a través de los mensajes ACL. A continuación se presentan algunas pantallas que ilustran la comunicación entre los agentes del sistema.

En la primera pantalla, se muestra que el agente Rueda, creado con el fin de complementar las tareas del agente Administrador, notifica que la hora se encuentra fuera del tiempo permitido para la rueda de negociación.



En la siguiente pantalla se observa la comunicación entre todos los agentes del sistema durante las negociaciones. Por cuestiones de espacio no se presentan todos los mensajes que se generan.

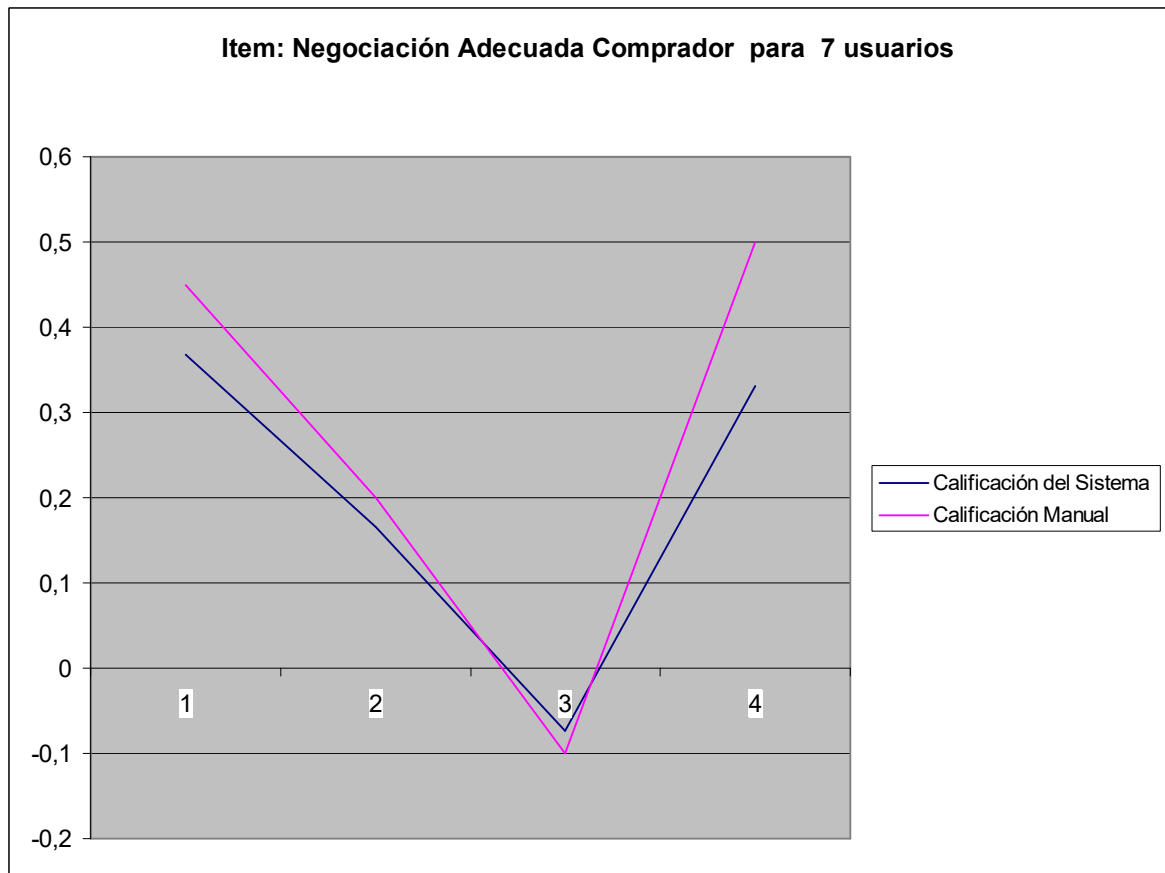


Anexo 2: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA

A continuación se describen los resultados obtenidos de las pruebas del sistema efectuadas a diferentes usuarios, donde se buscaba analizar el comportamiento del prototipo cuando participaban diferentes números de usuarios.

1. La primera prueba muestra las calificaciones del ítem *Negociación Adecuada*. Se elaboraron comparaciones entre las calificaciones arrojadas por el sistema y las calificaciones dadas por los usuarios al final de la negociación, teniendo en cuenta el rango de evaluaciones establecido [-1:1]. La Figura 1 ilustra los resultados obtenidos cuando ingresaron 7 usuarios.

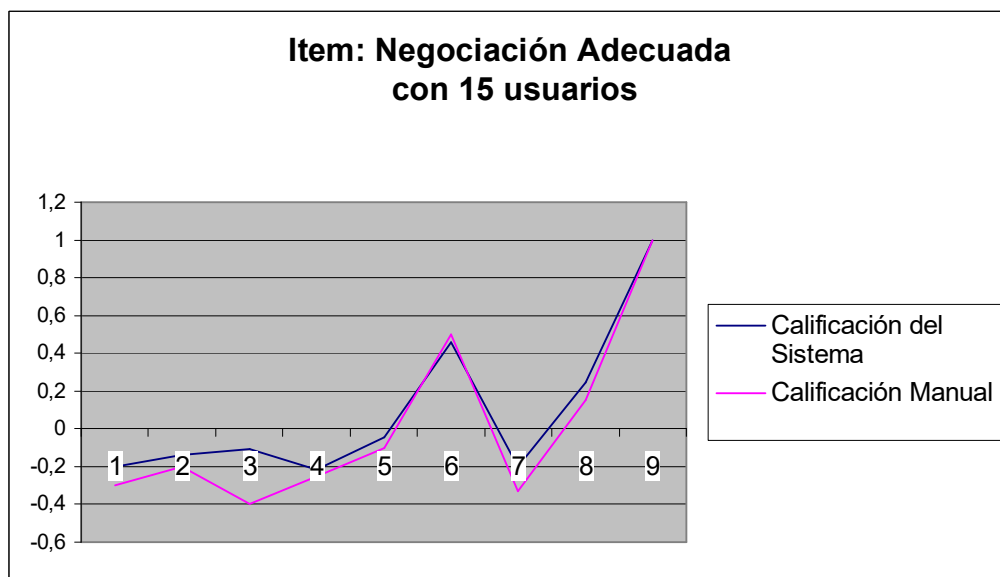
Figura 1. Negociación Adecuada con 7 usuarios.



Como resultado de las tabulaciones, se observa que las calificaciones arrojadas por el sistema no difieren de las otorgadas por los usuarios, teniendo en cuenta que las valoraciones son subjetivas y que dentro de un rango se pueden obtener diferentes valores. Por lo tanto, se concluye que el sistema, cuando actúa con siete usuarios, arroja resultados confiables. En la Figura 1 se presentan calificaciones negativas, lo que indica que el administrador no negoció ningún CDT; las calificaciones por encima de 0.1 indican que los títulos fueron vendidos por la mitad del precio máximo ofrecido y las calificaciones superiores a 0.5 representan una compra por menos de la mitad del valor máximo ofrecido.

En la Figura 2 se ilustran las calificaciones obtenidas, cuando 15 usuarios ingresan al sistema.

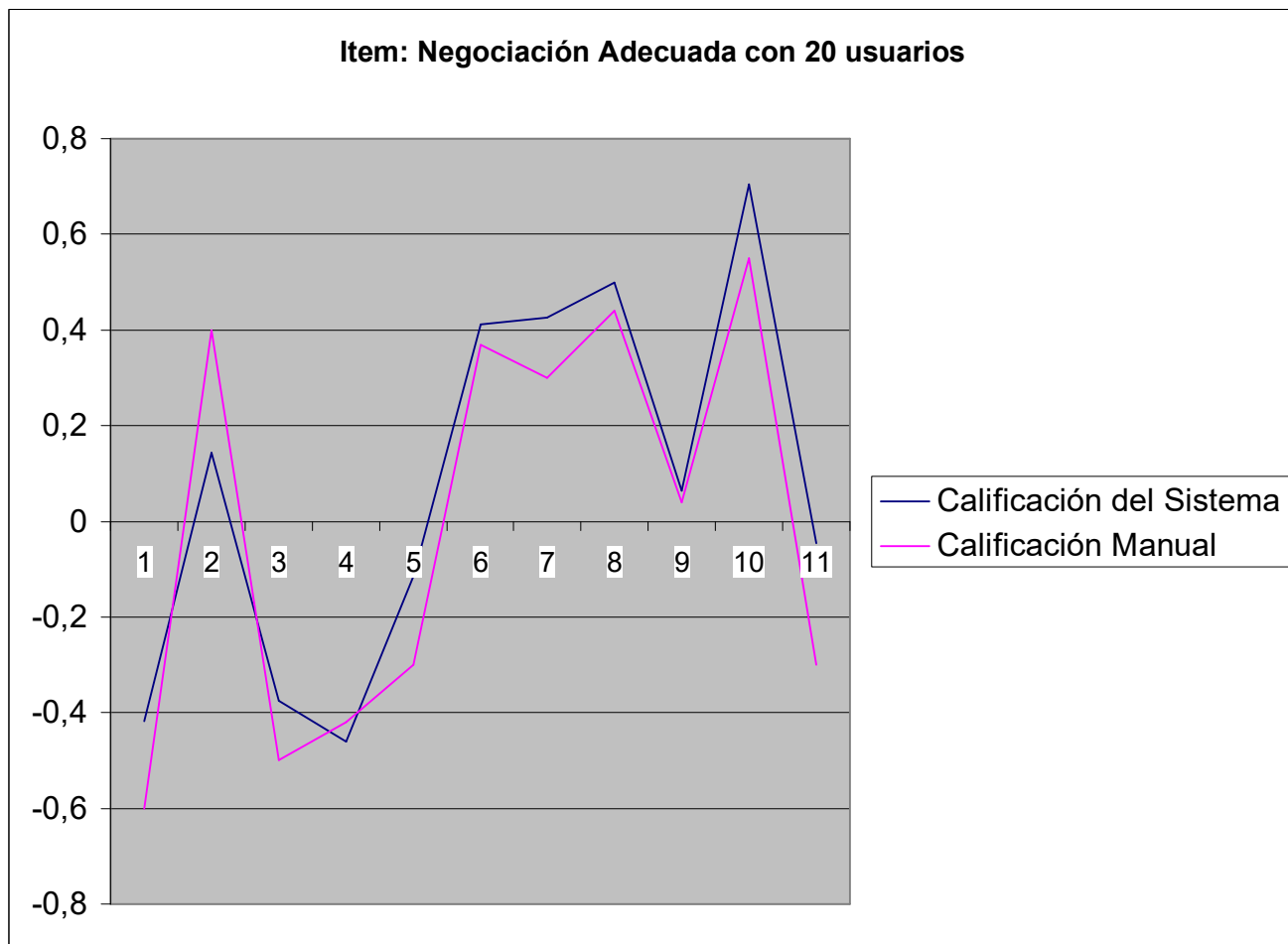
Figura 2. Negociación Adecuada con 7 usuarios.



Se observa que las calificaciones se encuentran sobre los rangos permitidos. Las calificaciones negativas indican que no hubo negociación de títulos, las calificaciones positivas, ilustran que hubo negociaciones con una buena ganancia para los compradores. Las calificaciones de 1 representan las compras por el valor mínimo ofertado.

En la Figura 3 se presentan las calificaciones del sistema cuando ingresan 21 usuarios.

Figura 3. Negociación Adecuada con 20 usuarios.



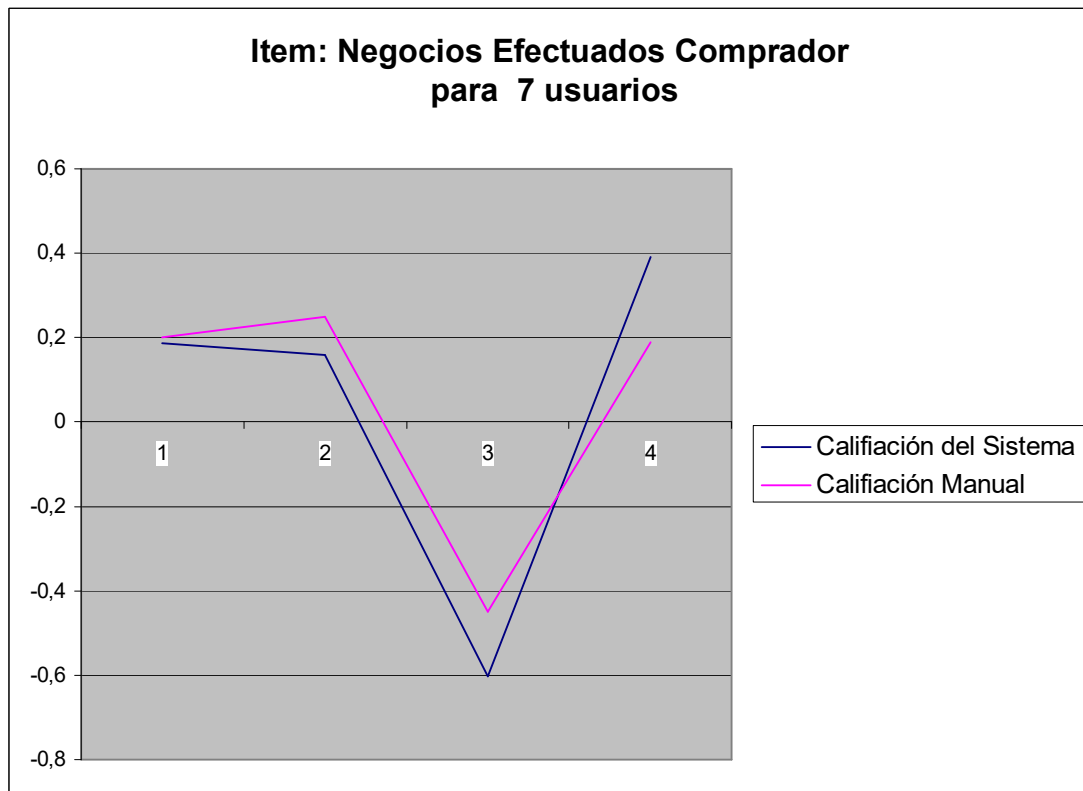
Finalmente, se observa que el sistema tiene un comportamiento aceptable cuando ingresan diferentes números de usuarios y que en todos los casos, los datos coinciden con los valores arrojados manualmente, lo cual indica que el prototipo cuenta con la estabilidad necesaria para actuar con diversos usuarios. En la Figura 3 se observan calificaciones negativas cuando el administrador no compró

algunos títulos; positivas entre 0.01 y 0.39 cuando vendió por la mitad del valor máximo a ofrecer o 10.000 pesos más del máximo. Las calificaciones por encima de 0.4 se obtuvieron porque compró títulos por menos de la mitad del valor ofertado.

2. A continuación se presentan las calificaciones obtenidas del ítem *Negocios Efectuados* del comprador. Nuevamente se comparan las evaluaciones entre diferente número de usuarios.

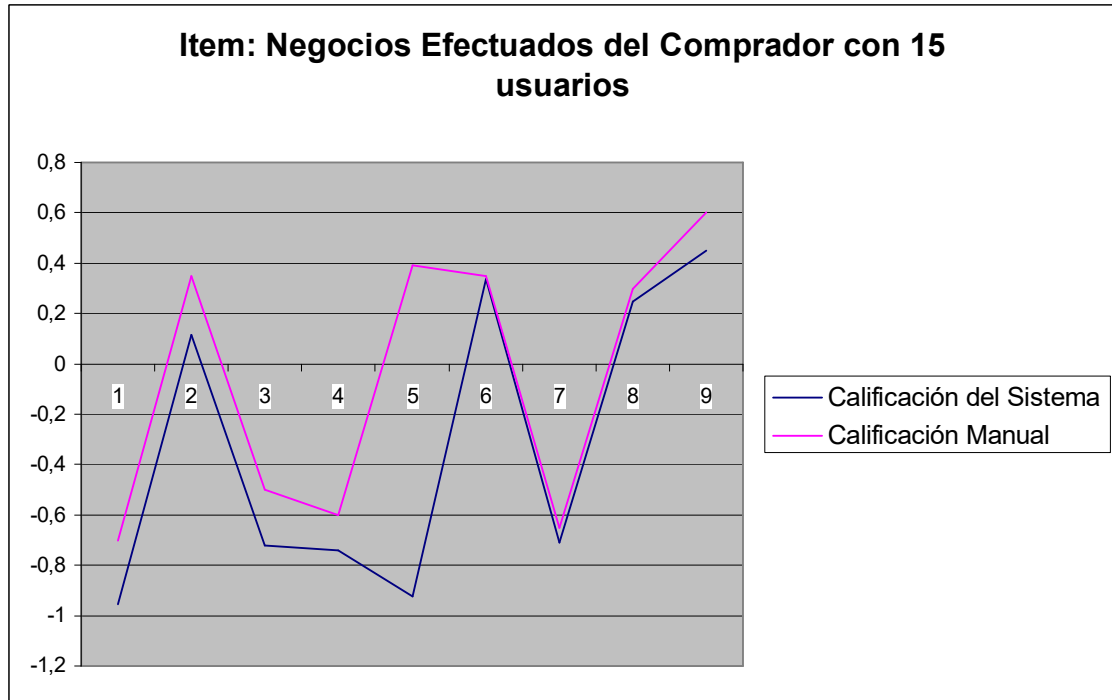
De la Figura 4 a la Figura 6 se ilustran las evaluaciones dadas por el sistema cuando ingresan 7, 15 y 21 usuarios.

Figura 4. Negocios Efectuados comprador con 7 usuarios.



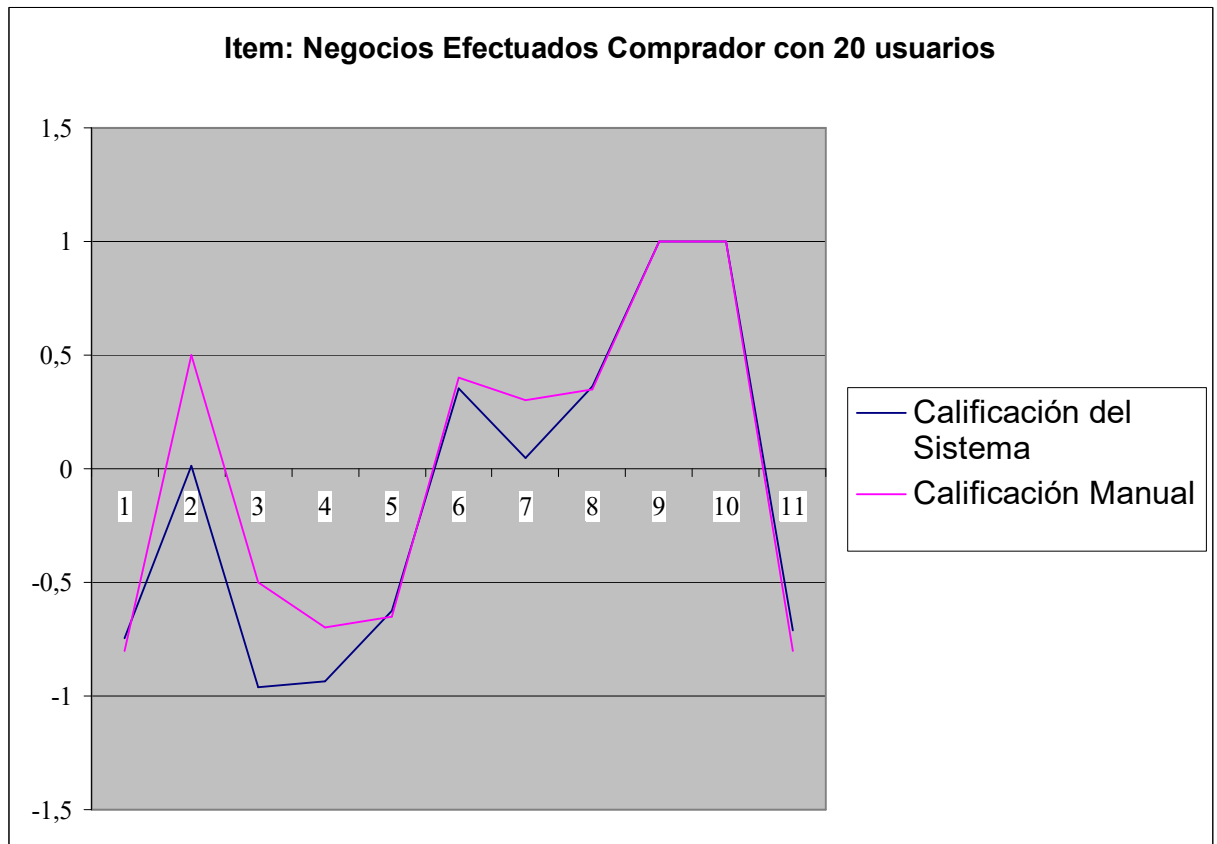
En la Figura 4 se observa que el comprador otorga calificaciones negativas. Esto se debe a que no realizó ninguna venta. En caso contrario, otros compradores lograron adquirir CDTs a un buen precio.

Figura 5. Negocios Efectuados comprador con 15 usuarios.



Al igual que en la Figura 4, en esta Figura se observan calificaciones positivas y negativas, dependiendo del número de títulos comprados.

Figura 6. Negocios Efectuados comprador con 20 usuarios.

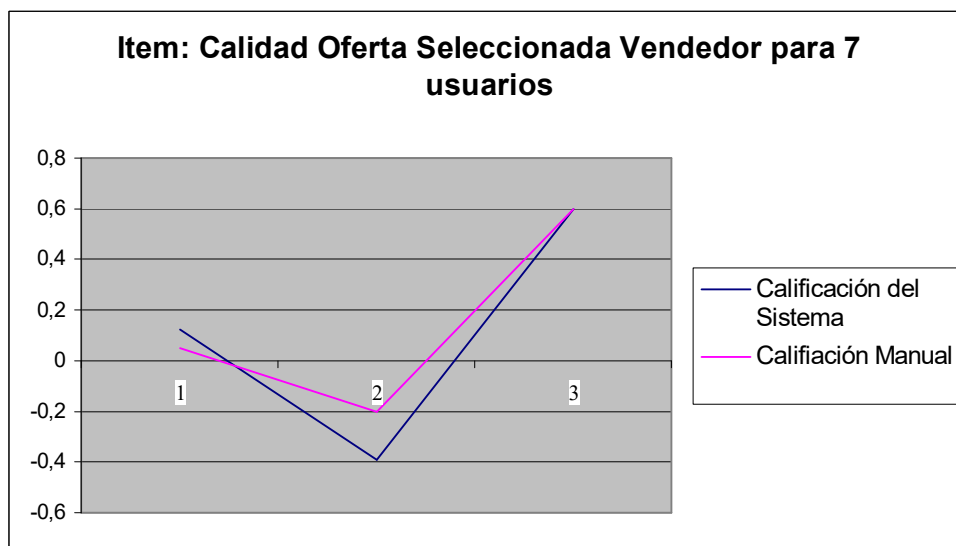


En la Figura 6, a diferencia de las anteriores, se presenta una calificación de 1, lo cual indica que se compró un CDT por el valor mínimo ofrecido, lo que deriva en una calificación excelente, según el rango que se ha establecido en FIRE.

En las Figuras anteriores se observa que los valores obtenidos por el sistema coinciden con las dadas por los usuarios.

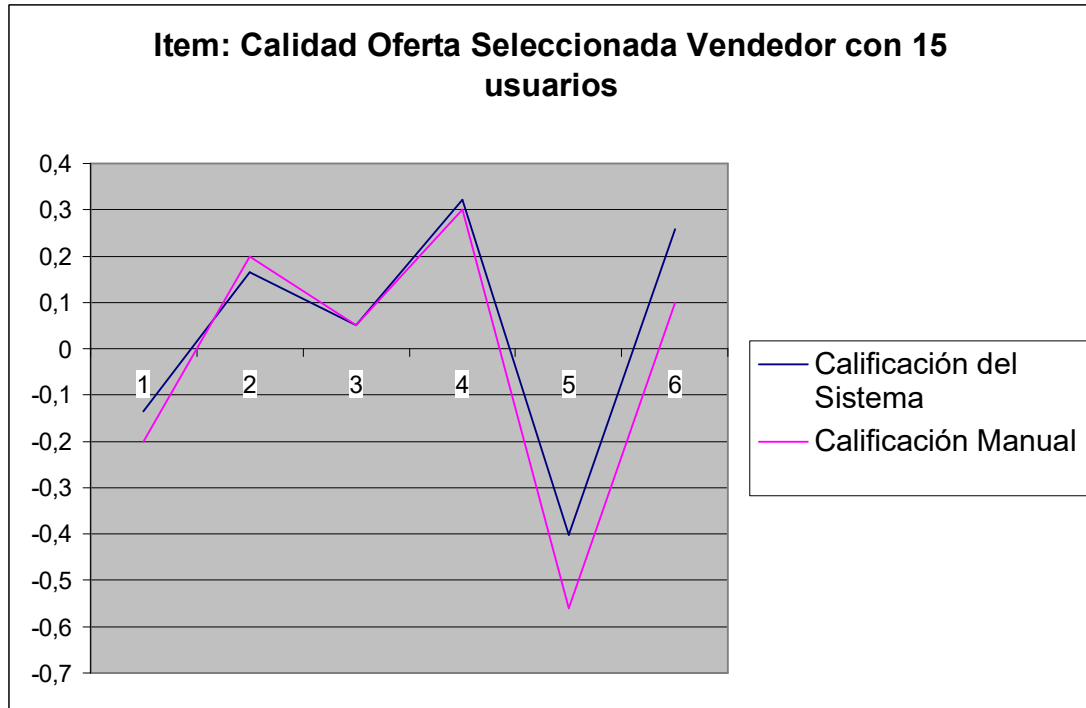
3. En las Figuras 7, 8 y 9 se presentan las calificaciones de los vendedores en comparación con las realizadas por el sistema en el ítem *Calidad de Oferta Seleccionada* cuando ingresan por primera vez a la rueda.

Figura 7. Calidad Oferta Seleccionada con 7 usuarios.



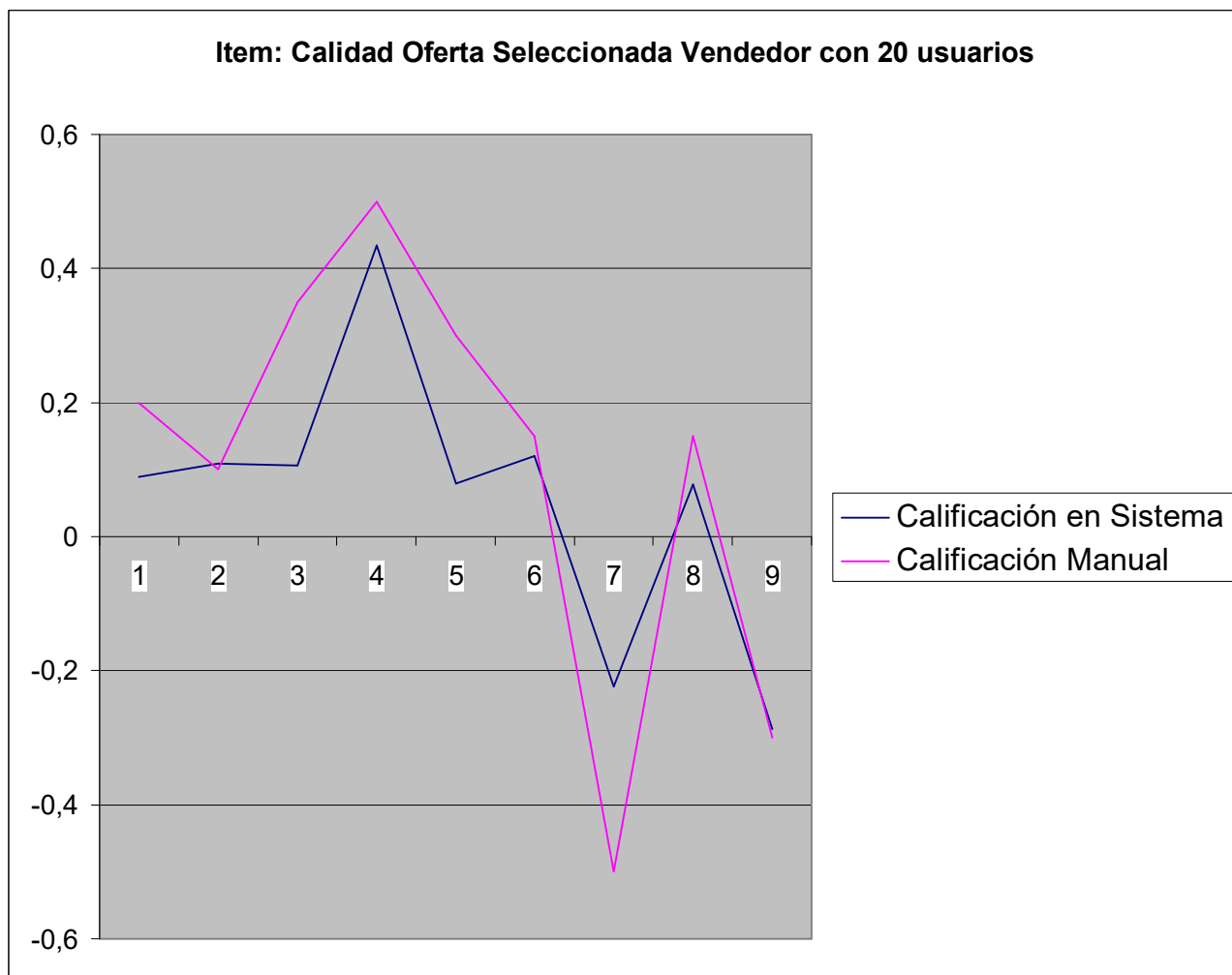
En la Figura 7 se presentan calificaciones positivas, cuando el vendedor tuvo algún negocio exitoso, y negativas, en caso contrario.

Figura 8. Calidad Oferta Seleccionada con 15 usuarios.



Al igual que en la figura anterior, en la Figura 8 se presentan calificaciones positivas, en donde el administrador negoció los títulos con utilidades para los vendedores, y calificaciones negativas, donde simplemente, no realizó ningún negocio.

Figura 9. Calidad Oferta Seleccionada con 20 usuarios.



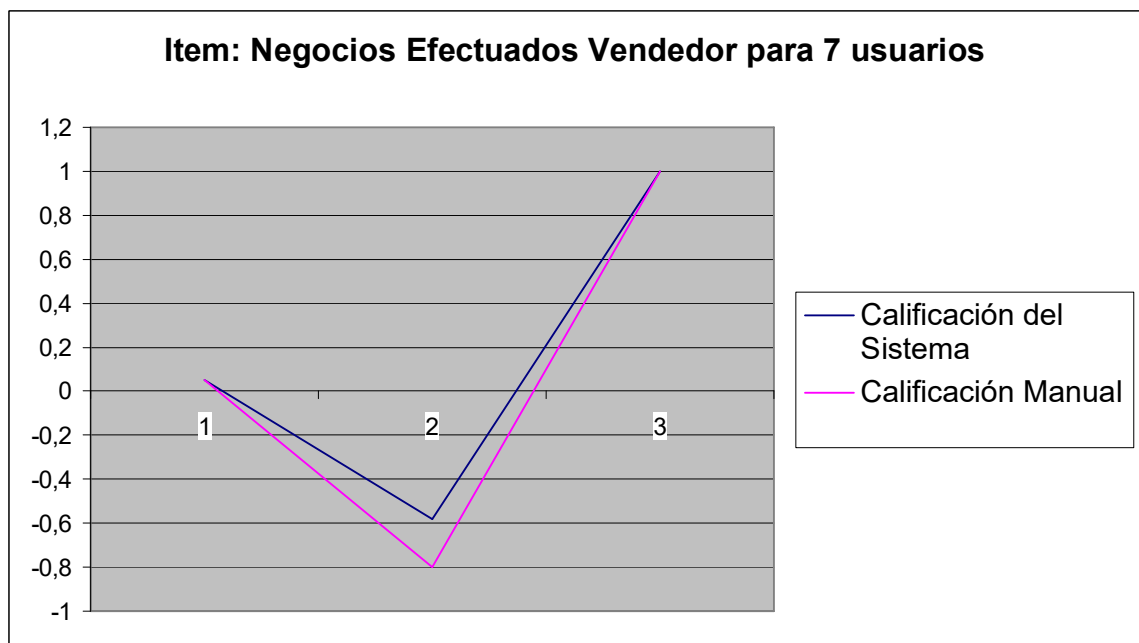
La Figura 9 presenta el mismo análisis que las figuras anteriores.

En las Figuras anteriores se observa que el comportamiento del sistema es aproximado a las calificaciones otorgadas por los usuarios. Es importante, tener

en cuenta que las desviaciones presentadas en las gráficas se originan porque los datos de calificación son subjetivos y varían entre los usuarios, sin embargo, tanto los usuarios como el sistema coinciden cuando los datos son negativos o cuando la evaluación debe ser alta o debe ser igual a 1.

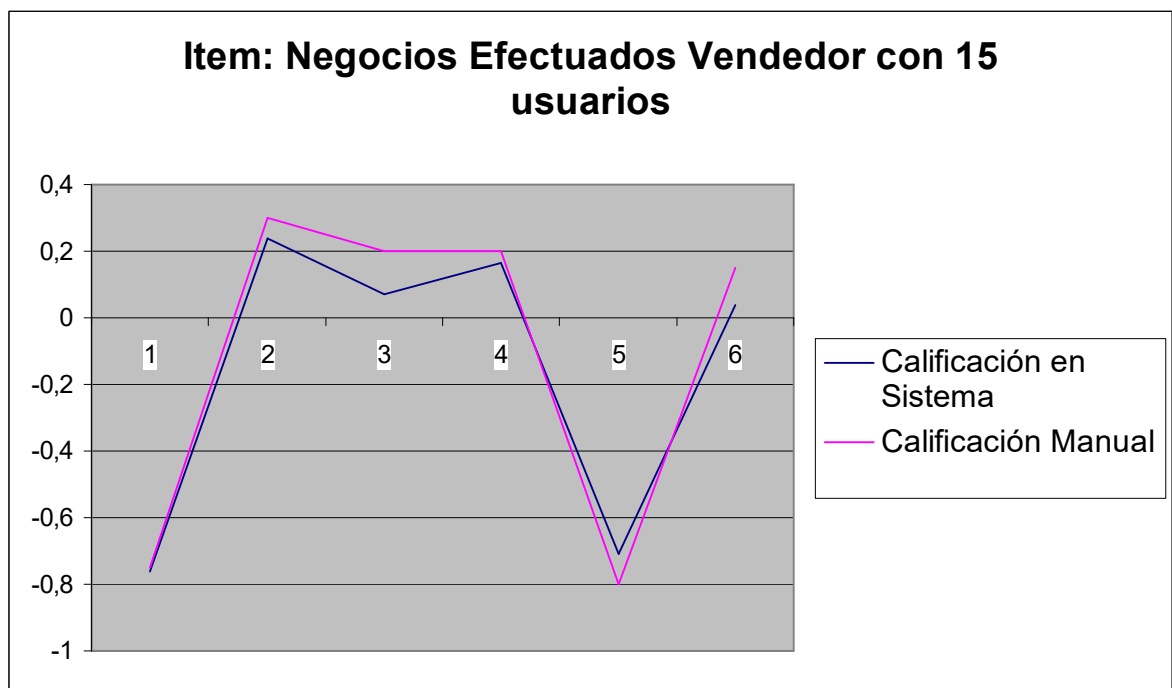
4. En las Figuras 10, 11 y 12 se presentan las calificaciones de los vendedores en comparación con las realizadas por el sistema en el ítem *Negociación Efectuada* cuando ingresan por primera vez a la rueda.

Figura 10. Negocios Efectuados vendedor con 7 usuarios.



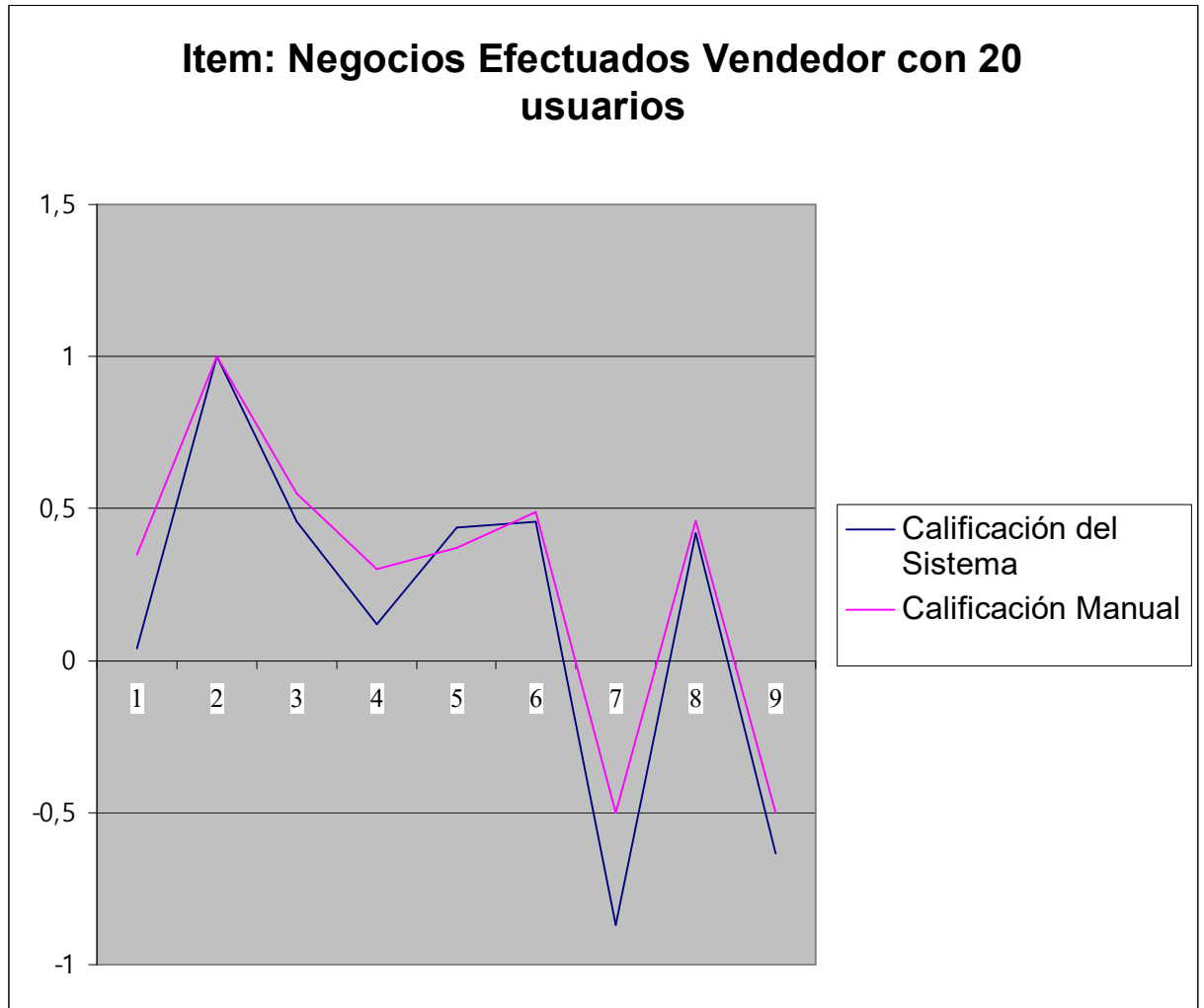
La Figura 10 presenta una calificación de 1, obtenida cuando el administrador vendió todos los CDT's que el vendedor colocó en la rueda.

Figura 11. Negocios Efectuados vendedor con 15 usuarios.



La Figura 11 presenta calificaciones negativas, cuando no se negociaron títulos y positivas en este caso cuando se negociaron menos de la mitad de los CDT's .

Figura 12. Negocios Efectuados vendedor con 20 usuarios.

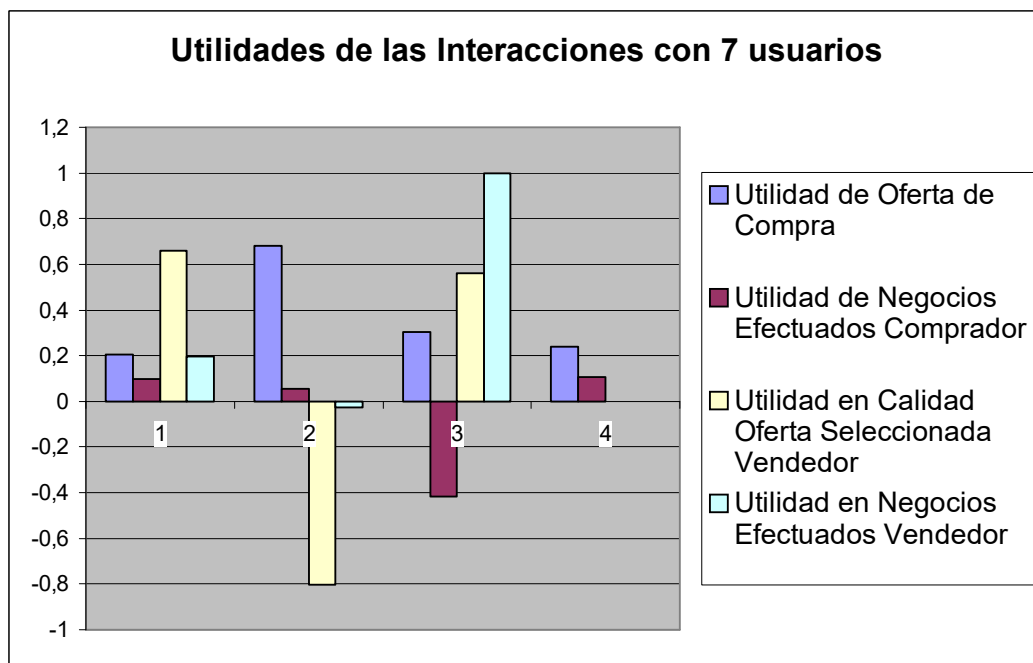


La Figura 12 presenta una calificación de 1 cuando se vendieron todos los títulos del vendedor. Las calificaciones por debajo de 0.5 indican que se vendieron menos de la mitad de los títulos colocados por el comisionista. Finalmente, las calificaciones negativas se producen cuando no se vendieron CDT's.

En las Figuras anteriores se observan los resultados de las calificaciones del ítem *Negocios Efectuados*. Se analiza que el sistema es coherente con los datos arrojados por el usuario, lo cual indica, que se evaluó de acuerdo a la eficiencia con que realizó las tareas que el administrador del sistema tenía a su cargo.

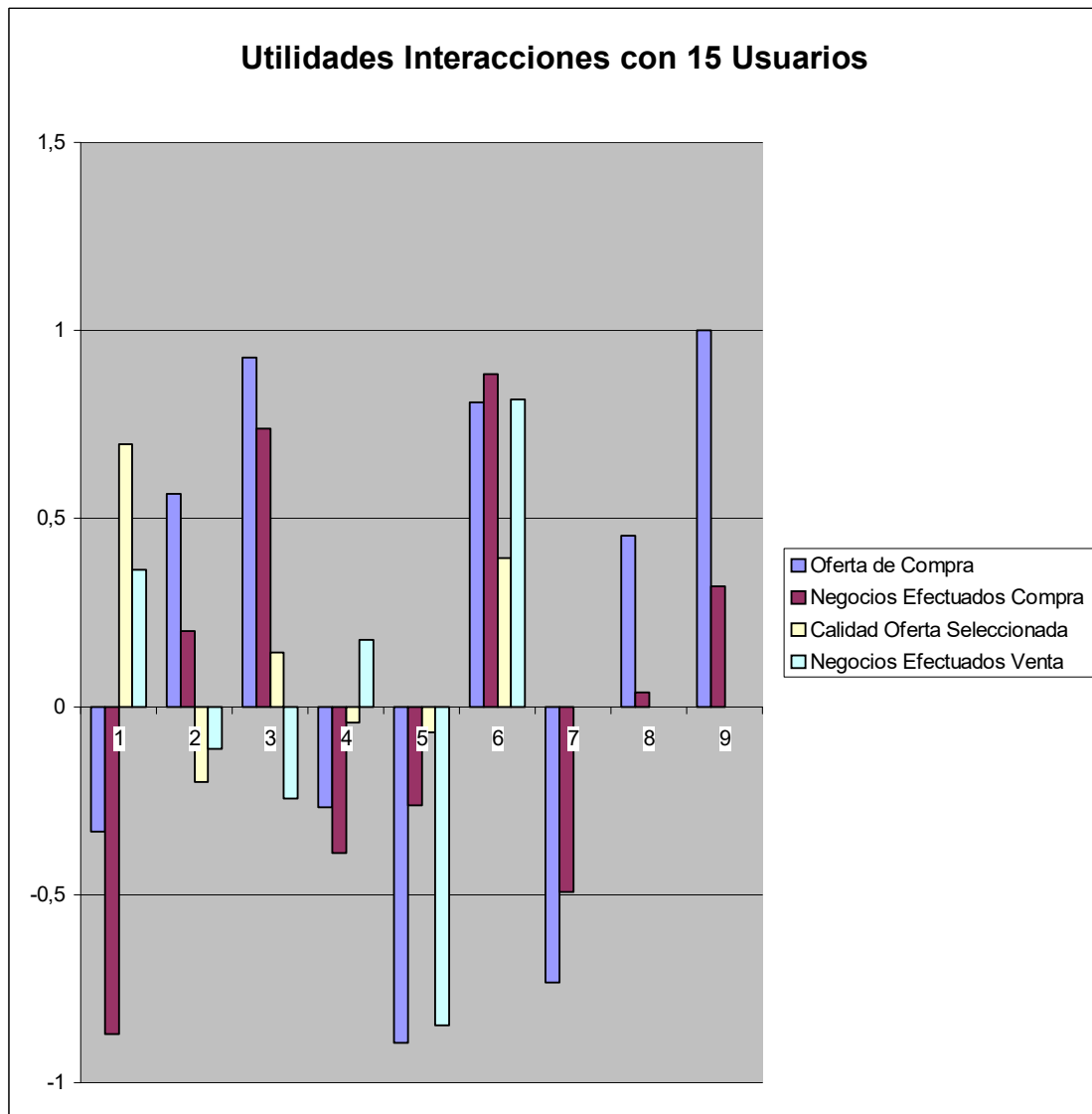
4. Las Figuras 13, 14 y 15 ilustran las utilidades arrojadas por el sistema luego de realizar las interacciones mencionadas anteriormente. En esta oportunidad el usuario ha ingresado por segunda vez.

Figura 13. Utilidades de las interacciones con 7 usuarios.



En la Figura 13 se observa que la interacción *Negocios Efectuados* del vendedor es el ítem que mejor utilidad arroja, lo que indica que es la actividad que mejor realiza el administrador. Así mismo, es notorio que para muchos agentes vendedores, el precio en el que vendió los títulos no fue el más adecuado, contrario a lo ocurrido con los compradores, quienes en términos generales quedaron satisfechos con la negociación.

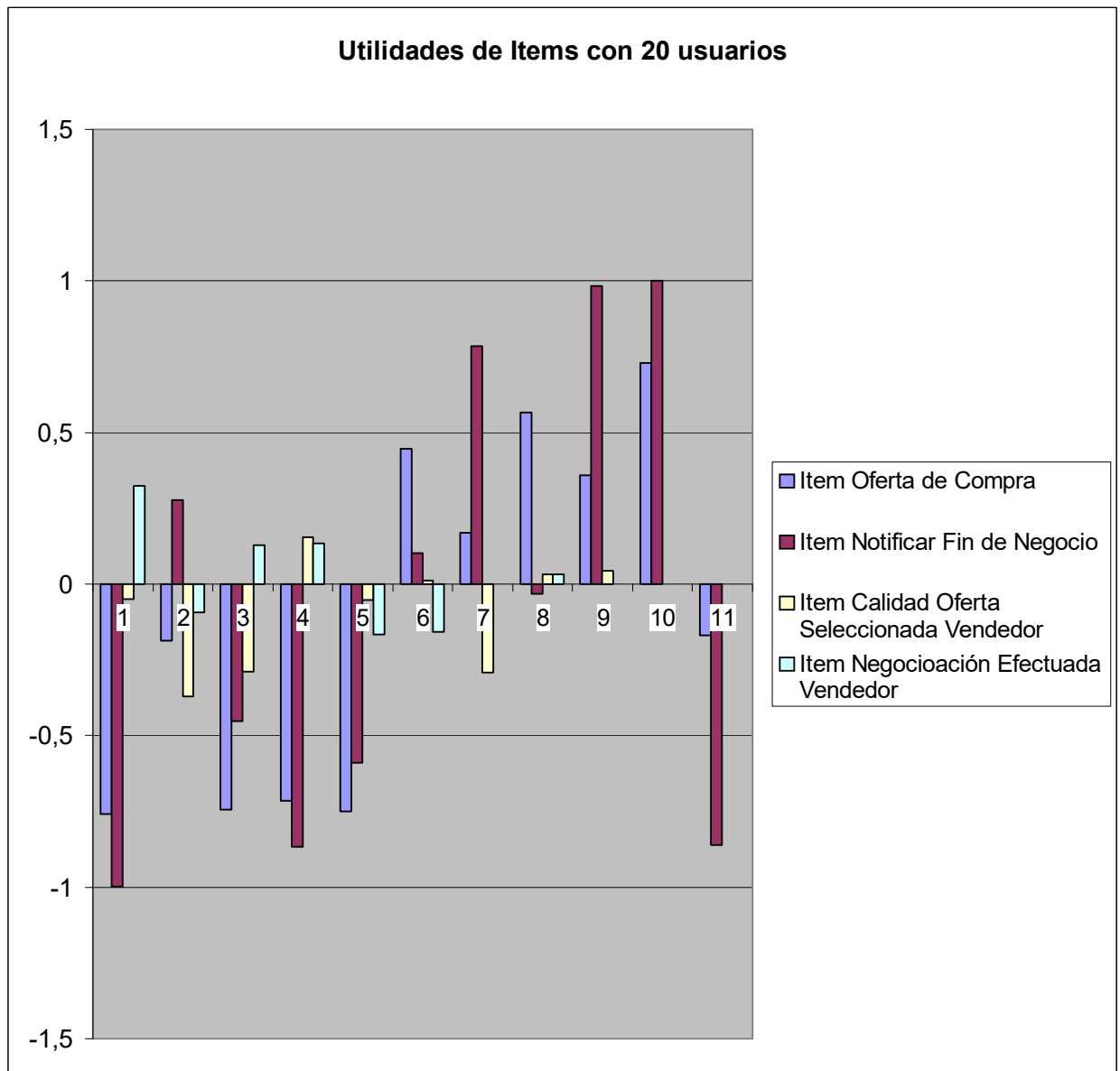
Figura 14. Utilidades de las interacciones con 15 usuarios.



En la Figura 14 se observa que el administrador actúo de manera positiva para muchos comisionistas, mientras que para otros, las negociaciones no fueron las más indicadas o simplemente no hubo negociaciones. Con esta gráfica se puede concluir que no se realizaron muchas negociaciones, y las que se realizaron

fueron satisfactorias para los usuarios, otorgando puntajes positivos, y como era de esperarse, cuando los títulos no fueron negociados, los comisionistas proporcionaban calificaciones negativas.

Figura 15. Utilidades de las interacciones con 15 usuarios.



En la Figura 15 se observa un caso similar al de la Figura 14. Esta situación ocurre porque se encuentran diversos títulos que no pueden ser negociados por el administrador, lo cual arroja calificaciones negativas.

Anexo 3: ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Para la comunicación de JSP y JADE se crearon dos auxiliares del Agente Administrador del Sistema los cuales son: Agente Activador, encargado de controlar el ingreso de nuevos usuarios al sistema o registro de nuevos Cdt's para informarle al Agente Administrador; Agente Rueda, encargado de analizar el tiempo de oferta y colocación de las mismas en las bases de datos para informarle al Administrador que ofertas han cazado y su tiempo de puja a terminado

Cuando el usuario ingresa por medio de la interfaz en JSP este se comunica con las bases de datos portafolio y sistema, en las cuales registra los títulos a negociar y puede vigilar cada una de las acciones que se han efectuado sobre dichos CDT's y en la otra base de datos una vez el comisionista halla actualizado su portafolio ingresa en el horario permitido de 8:00 am – 3:00 pm al sistema, en ese instante cambia el estado del usuario en el sistema el cual es percibido por el Agente Activador el cual informa al Agente Administrador para que este posteriormente cree el Agente Comprador o el Agente Vendedor según sea el estado del comisionista (0-199 Compradores, 200-399 Vendedores) y este a su vez cree el Agente Portafolio correspondiente. Una vez inicializado el Agente Portafolio actualiza la base de datos Portafolio e informa al Agente Comprador o Vendedor de los Cdt's que debe inscribir y este último a su vez los envía por medio de mensajes al Agente Administrar el cual los envía a el Agente Rueda que se

encarga de registrarlos en la base de datos del sistema y hace analizar cuales títulos casan y comenzar de esta manera las negociaciones pertinentes, al transcurrir 1 hora este agente informa al Agente Administrador el fin de las operaciones con los Cdts para que este le notifique a los Agentes comisionistas quienes han comprado y vendido títulos durante dicho intervalo de tiempo, al comunicarles acerca de las negociaciones los agentes portafolios actualizan sus bases de datos al igual que el Agente Administrador para evitar inconsistencia en las negociaciones futuras. Al terminar el tiempo permitido de la rueda el Agente Rueda informa al Agente Administrador y este a su vez realiza el proceso de notificación de los últimos Cdts negociados para que los agentes comisionistas comiencen el proceso de calificación según las operaciones efectuadas durante la rueda de negociación y posteriormente puedan ser eliminados de la plataforma (JADE)

Figura 16 Funcionamiento del sistema de la Bolsa de Valores de Colombia

