

# MÉTODO DE COMPARACIÓN UTILIZANDO MÉTRICAS DE CALIDAD PARA PROTOCOLOS DE NEGOCIACIÓN ELECTRÓNICA EN SISTEMAS MULTI-AGENTE

## COMPARISON METHOD FOR ELECTRONIC NEGOTIATION PROTOCOLS USING QUALITY METRICS IN MULTI-AGENT ENVIRONMENTS

MARCELA PASTRANA DAVID

*Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Sistemas, Facultad de Minas, mmpastra@unalmed.edu.co*

DEMETRIO ARTURO OVALLE CARRANZA

*Universidad Nacional de Colombia, Director Escuela de Sistemas, Facultad de Minas, dovalle@unalmed.edu.co*

Recibido para revisar Marzo 31 de 2007, aceptado Julio 07 de 2007, versión final Noviembre 13 de 2007

**RESUMEN:** El objetivo del trabajo presentado en este artículo consiste en la definición de un método de comparación basado en la aplicación de métricas de calidad elaboradas con el fin de medir protocolos de negociación electrónica en entornos Multi-Agente. Para la comparación de los protocolos se escogen los siguientes criterios de calidad: Rapidez, Eficiencia, Escalabilidad y Completitud. Para la aplicación y validación del método de Comparación se implementan dos prototipos de negociación electrónica basados en las subastas inglesa y holandesa, utilizando la plataforma JADE (Java Agents DEvelopment Framework) y se obtuvieron resultados preliminares de su comportamiento los cuales fueron analizados y se sacaron las conclusiones respectivas.

**PALABRAS CLAVE:** Sistemas Inteligentes, Protocolos de Negociación Electrónica, Métricas de Calidad, Método de comparación de Protocolos Multi-Agente, Subasta Inglesa, Subasta Holandesa.

**ABSTRACT:** This paper aim at defining a comparison method based on the application of quality metrics which are proposed for measuring electronic negotiation protocols in Multi-Agent environments. In order to make a formal comparison several quality criteria were taken into account: Speediness, Efficiency, Scalability and Completeness. Then, to apply and validate the proposed method for comparing electronic protocols two prototypes based on English auction and Dutch auction were built. For doing so, JADE (Java Agents DEvelopment Framework) platform was used and preliminary results on their behavior were obtained. Those results were finally analyzed and corresponding conclusions were provided.

**KEYWORDS:** Intelligent Systems, Electronic Negotiation Protocols, Quality Metrics, Comparison Method for Multi-Agent Protocols, English Auction, Dutch Auction.

### 1. INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de un Sistema Multi-Agente (SMA), una de las problemáticas más estudiadas, es la forma cómo los agentes interactúan unos con otros para alcanzar sus objetivos de la forma más

rápida y eficiente, es por esto, que a la hora de implementar un SMA [1] donde se lleve a cabo comunicación y cooperación negociada, uno de los principales aspectos a tener en cuenta, es la escogencia de un buen

mecanismo de negociación, de tal forma que resulte adecuado para llevar a cabo las interacciones entre los agentes y su cooperación para el logro de un objetivo común, es aquí donde se empiezan a mencionar los términos protocolo y estrategia de negociación Multi-Agente.

Los protocolos y las estrategias de negociación Multi-agente, generalmente se asemejan a la forma como los humanos negocian en un mercado competitivo, esto posibilita que los Sistemas con la orientación de agentes sean muy utilizados en la representación e implementación de mercados de productos o servicios, tanto en ambientes simulados como en ambientes reales a través de Internet, también denominado Comercio Electrónico E-Bussines.

## 2. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

En el área de los sistemas Multi-Agente, particularmente enfatizando en los protocolos de negociación, se encuentra un campo con muchos aspectos que deben ser estudiados. Existen muchos trabajos recientes que ahondan en la problemática relacionada a la definición y caracterización de los protocolos de negociación y a su aplicación a distintos problemas del mundo real.

Es común encontrar, en los SMA en general, que involucran procesos cooperativos y que implican mecanismos de negociación entre agentes, que se definan nuevos protocolos particulares, aplicados a un problema específico, como es el caso de los trabajos de Zhang [2], Bartolini [3] y Jaiswal [4]. Esto en ciertos casos no tiene mucha razón de ser, pues lo ideal sería poder tener caracterizados los protocolos existentes, de forma que se pueda identificar cuáles son los más adecuados a ciertos tipos de problemas, con el fin de no tener que reinventar un protocolo de negociación cada vez que se haga un SMA, sino hacer pequeñas adaptaciones en detalles muy específicos del problema o dominio particular a implementar.

En el trabajo de Reaidya [5] se trabajan SMA orientados a la manufactura, para ello se realiza un estudio de los mecanismos de negociación que pueden ser asociados a problemas en este dominio de conocimiento. Con base en ello, se desarrollan 5 protocolos basados en FIPA Contract Net (toma de

decisiones consensual, teoría de juegos, centralizado, de menor tiempo de completación esperada y el último, basado en una métrica de dinero). Estos protocolos son comparados a través de simulaciones en entornos Multi-Agente.

Los protocolos de negociación utilizados en el trabajo de Jaiswal [4] se relacionan con los mercados electrónicos B2B (Business to Business). Se implementa un marketplace multi-agente seguro denominado MAGNET. Así, en este trabajo se considera que para un protocolo Multi-Agente, que opere en el contexto de los mercados electrónicos, una de las características fundamentales debe ser la seguridad, ya que sin esto no es posible ganar la confianza de los clientes e incentivarlos a realizar sus negocios a través de este tipo de sistemas.

Anumba [6], por su parte, propone en su trabajo una negociación multi-agente colaborativa para la construcción de edificios industriales. Se examinan algunas de las principales teorías de negociación y sus posibles aplicaciones en mecanismos de negociación multi-agente. Con base en ello se desarrolla un protocolo de negociación llamado ADLIB y con él se desarrolla un prototipo de SMA.

Teniendo en cuenta los trabajos analizados se identificaron una serie de limitaciones con relación a la definición y caracterización de protocolos de negociación en sistemas Multi-Agente.

Las principales limitaciones que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del trabajo de investigación que se presenta en este artículo son:

- Existe poca literatura en donde se definan de forma amplia los protocolos de negociación Multi-Agente.

- No hay criterios de comparación definidos claramente para analizar los distintos protocolos de negociación Multi-Agente.

- No hay trabajos donde se analicen los protocolos para problemas determinados, lo

cual hace que en cada nuevo proyecto se deba desarrollar un protocolo Multi-Agente nuevo.

- Finalmente, no existe una métrica de calidad para poder identificar si un protocolo cumple con las características deseables para el correcto funcionamiento de una negociación en un Sistema Multi-Agente.

### 3. PROTOCOLOS DE NEGOCIACIÓN ELECTRÓNICA

Los protocolos de negociación electrónica son mecanismos manejados en la teoría de los SMA. Éstos representan los patrones o conjunto de reglas que modelan las posibles interacciones presentes en el sistema. Lo anterior incluye: Tipos de participantes permitidos, estados de la negociación, eventos que ocasionan la transición de los estados y las acciones válidas de los participantes en los estados particulares [7].

Dos de los protocolos de negociación más conocidos y que han sido definidos por la FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) son [8]:

- **Fipa English-Auction (Subasta Inglesa):**

Es un método de subasta a la alza. En esta subasta los oferentes (compradores) anuncian cuánto están dispuestos a pagar por un producto, enviando cada vez una oferta de precio más atractiva, hasta llegar a un precio máximo (tope máximo) que se tiene establecido desde el comienzo y que sólo el agente (comprador) conoce. Una vez finalizado el período de exposición de la subasta, el bien es asignado a quien ofertó el mayor valor.

- **Fipa Dutch-Auction (Subasta Holandesa):**

Es un método de subasta a la baja. En esta subasta el vendedor (quien origina la subasta), inicia con un precio alto, teniendo en secreto un precio mínimo (precio de reserva o tope mínimo) para la venta del producto. La oferta inicial se va disminuyendo progresivamente hasta que un comprador lo acepta, en ese mismo momento se termina la negociación.

### 4. MÉTRICAS DE CALIDAD EN PROTOCOLOS DE NEGOCIACIÓN ELECTRÓNICA

Para definir las métricas, se analizaron distintos criterios de calidad que pudieran permitir la comparación de los dos protocolos de negociación mencionados en la sección anterior. De ellos se lograron destacar cuatro criterios para la definición de las métricas de calidad, objeto de este trabajo, los criterios escogidos fueron los siguientes: Rapidez [5], Completitud [2], Escalabilidad [11] y Eficiencia [12].

#### 4.1 Rapidez

Se define la rapidez ( $R_a$ ), como el tiempo que tarda un protocolo en alcanzar el fin de la negociación. Para llegar a plantear una fórmula de la rapidez de un protocolo se deben tener ciertas condiciones constantes, en el caso particular de este trabajo se tomaran como constantes todo lo relativo a la plataforma y el número de agentes.

Bajo estas condiciones se define la Rapidez, denotada por la sigla  $R_a$ , de un protocolo como:

$$R_a = \#c$$

Donde:  $\#c$ : Es el número de conversaciones realizadas durante el proceso de negociación llevado a cabo por los agentes del SMA.

Estos valores arrojados deben ser normalizados para obtener resultados comprensibles y claros sobre la rapidez del protocolo, para este proceso de normalización se toman en cuenta 2 factores:

- $R_{\max}$  = La rapidez ideal esperada para alcanzar la negociación. Este valor estará dado con respecto a la experimentación realizada y será el mayor número de conversaciones obtenido en una corrida.

- $R_{\min}$  = La rapidez más baja, es decir, se toma el menor número de conversaciones que se presentó en una corrida.

De la cual se llega a la ecuación final para denotar la rapidez normalizada, que equivale a lo siguiente:

$$\overline{Ra} = 1 + \frac{R_a - R_{\min}}{R_{\min} - R_{\max}}$$

**Rango:** Según la ecuación anterior podemos garantizar que la rapidez está definida en el rango [0,1].

### 4.2 Eficiencia

Se define la métrica de eficiencia (Ef) de un protocolo de negociación Multi-Agente, como el número comprendido entre [0,1], el cual valora la eficiencia de las utilidades obtenidas por los agentes, tanto compradores como vendedores, durante el proceso de negociación.

Las formulas para representar la Ef son:

Para vendedores	Para compradores
$Ef_v = \frac{P_n - Pr_v}{MAX(Pr_c) - Pr_v}$	$Ef_c = \frac{Pr_c - P_n}{Pr_c - P_i}$

Donde:

- **Pn:** Es el precio de negociación real.
- **Pr:** Es el precio de reserva. Para un vendedor Prv será el precio tope mínimo para la venta del bien y para un comprador Prc será el precio tope máximo ofertable para la compra del bien.
- **Pi:** Es el precio base ofertable inicial, por parte de un comprador.

**Rango:** Según la ecuación anterior podemos garantizar que el valor para la métrica de eficiencia está comprendido en el rango [0, 1].

### 4.3 Escalabilidad

La métrica de Escalabilidad determina cómo cambia el desempeño del SMA cuando su tamaño, dado por el número de agentes, incrementa o disminuye. La medición de este criterio se hace aumentando el número de agentes dentro del SMA, y tomando en cuenta en cada caso, la completitud, la rapidez y la eficiencia. Si estos valores se degradan desproporcionadamente a medida que el tamaño del

sistema aumenta, entonces, se puede decir que el protocolo tiene una escalabilidad deficiente.

**Rango:** El rango para la métrica de escalabilidad está comprendido en el intervalo [0, 1]. Se manejaron 4 valores lingüísticos para identificar el valor de desempeño del SMA con respecto a la métrica de escalabilidad de un protocolo específico que se describen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Intervalos para la interpretación de la Eficiencia

**Table 1.** Intervals for efficiency interpretation

Intervalo	Interpretación
[0, 0.2)	Deficiente
[0.2, 0.6)	Regular
[0.6, 0.9)	Buena
[0.9, 1]	Excelente

### 4.4 Completitud

La completitud (Co) de un protocolo, es la capacidad de encontrar una solución al proceso de la negociación electrónica. Para la medida de este factor se debe fijar un tiempo máximo de la subasta y se debe verificar si la negociación se completó o no.

**Rango:** Toma sólo 2 valores dentro del rango [0, 1].

1 → Si se realizó el proceso de negociación completo dentro del tiempo de la subasta.

0 → No se realizó el proceso de negociación en el tiempo fijado.

## 5. MÉTODO DE COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS Y APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO

A partir de las métricas de calidad definidas en la sección anterior se propone la definición de un método de comparación de protocolos de negociación electrónica Multi-

Agente. Este método se compone de las siguientes tres fases:

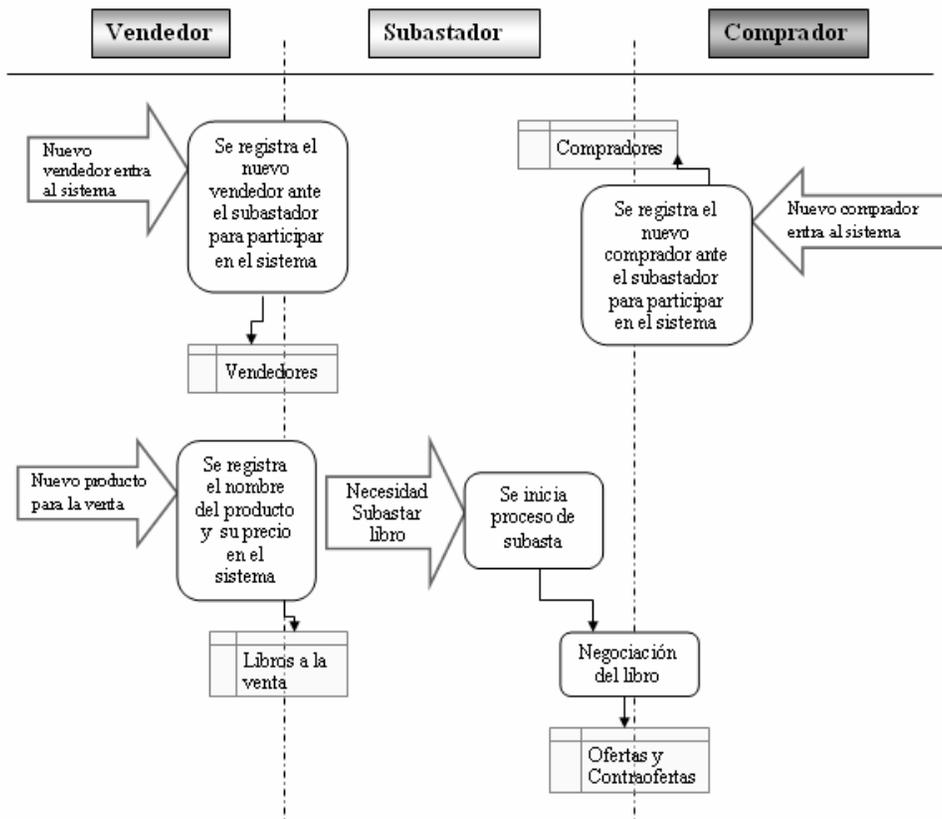
- Fase de definición del caso de estudio.
- Fase diseño, implementación y medición del desempeño de los protocolos Multi-Agente.
- Fase de evaluación de los resultados.

Las diferentes fases contienen: documentos y artefactos de entrada, una descripción de las

actividades que se realizan y unas salidas del proceso realizado.

### 5.1 Fase de Definición del caso de estudio

El caso de estudio que se escogió en este trabajo consiste en un sistema de negociación para la compra y venta de libros, en donde se realizarán procesos de subasta de los diferentes tipos de libros a los precios establecidos para ello (ver figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de procesos de la negociación de libros  
**Figure 1.** Process chart for book negotiation

Para especificar y analizar el SMA, se desarrollan los diferentes modelos de la metodología de análisis y diseño de Sistemas Multi-Agente MAS Common-KADS [13], en la cual se proponen siete modelos para el desarrollo de un SMA, a saber:

- Modelo de Agente
- Modelo de Tareas
- Modelo de la Experiencia

- Modelo de la Organización
- Modelo de la Comunicación
- Modelo de Coordinación
- Modelo de Diseño.

Dentro de los distintos Modelos propuestos por esta metodología se elaboran plantillas donde se registra la información de los distintos elementos que componen el SMA.

**Tabla 2.** Plantilla para especificar el agente Vendedor  
**Table 2.** Template for seller software agent specification

<b>Agente Vendedor</b>	
<b>Tipo</b>	Agente software inteligente.
<b>Papel</b>	Ejecutor, iniciador.
<b>Posición</b>	Contenido en la sociedad de agentes del sistema.
<b>capacidades-razonamiento experiencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento del dominio de políticas para establecer precios mínimos de venta y precios iniciales de subasta.</li> <li>• Conocimiento de su entorno y el agente subastador que le permitirá efectuar la negociación de productos con los compradores registrados.</li> <li>• Capacidad de negociación con los otros agentes.</li> </ul>
<b>Descripción</b>	
Este agente realiza varias actividades que son:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vez iniciado se registra ante el agente subastador, con esto empieza a hacer parte del sistema Multi-Agente y registra su capacidad de vender libros.</li> <li>• Cuando desea vender un libro, envía un mensaje indicando el nombre y precio del libro que desea vender con lo cual da inicio a un proceso de subasta con los compradores registrados.</li> </ul>	
<b>Objetivo</b> Vender a través de Subastas los libros que tiene disponibles	
<b>Servicios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vendedor de libros.</li> </ul>	
<b>Comunicación</b> No se comunica con ningún actor externo al sistema.	
<b>Coordinación</b> Interactúa con agentes compradores y subastador.	
<b>Parámetros de entrada:</b> Capital del agente. Nivel inicial de libros.	
<b>Parámetros de salida:</b> Ninguno.	
<b>Excepciones:</b> En caso que el protocolo de negociación Multi-Agente utilizado lo exija deberá participar en las pujas que se hagan del libro durante el proceso de negociación, en otro caso, espera a que la negociación sea determinada por el subastador y los compradores con base a los parámetros que el define al enviar la oferta inicial.	

En la tabla 2 se puede observar una de las plantillas elaboradas durante la construcción del Modelo de Agentes, en ésta se detalla el agente Vendedor del Caso de Estudio Mercado de Libros.

## 5.2 Fase de diseño, implementación y medición del desempeño de los protocolos Multi-Agente

En esta fase de diseño e implementación se utiliza la especificación del sistema realizada anteriormente (ver sección anterior), con el fin de realizar un Prototipo de SMA por cada uno de los protocolos de Negociación Multi-Agente estudiados para el caso de estudio, los cuales son:

- Subasta Inglesa - Fipa English-Auction
- Subasta Holandesa - Fipa Dutch-Auction

Los prototipos implementados en este proyecto fueron desarrollados con la plataforma JADE (Java Agent DEvelopment Framework) [7], la cual es un middleware que proporciona tanto un entorno de desarrollo como un entorno de ejecución para la realización y mantenimiento de SMA. Está realizado enteramente en JAVA y proporciona una serie de herramientas que permiten al desarrollador controlar y depurar a los agentes en tiempo real. Además, JADE cumple con las especificaciones de FIPA para la interoperabilidad de plataformas de SMA, y lo cumple a dos niveles: a nivel de arquitectura y a nivel de Mensajes (FIPA ACL).

Con los prototipos implementados a través de la plataforma JADE, se realizó la toma de los resultados. En este artículo se presentan algunos de los resultados más significativos, los cuales fueron tomados utilizando las plantillas definidas en el método de comparación propuesto.

### 5.3 Fase de evaluación de resultados

Luego de tener todos los datos de las diferentes métricas se procede a la elaboración de las tablas resumidas, con las cuales se toman las conclusiones con respecto a la Eficiencia, Rapidez, Escalabilidad y Completitud de los protocolos Multi-Agente estudiados.

Los resultados de la Eficiencia se evalúan a la luz del dominio del problema en el cual han sido implementados y se hace una tabla resumen que tenga los protocolos implementados y el valor numérico con la correspondiente interpretación, en la tabla 2 se muestra la plantilla propuesta para ello.

**Tabla 3.** Plantilla para llenar los resultados de la evaluación de la Eficiencia en la Subasta Inglesa  
**Tabla 3.** Template provided to fulfill the results obtained from the efficiency criterion evaluation

EFICIENCIA			
Nombre caso de estudio: "Mercado Electrónico de Libros"			
Nombre Protocolo: "Subasta Inglesa"			
Parámetro	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
<b>P<sub>n</sub></b> (Precio de negociación)	56126.48	56197.49	56070.27
<b>P<sub>v</sub></b> (Precio de reserva del vendedor)	45000	45000	45000
<b>P<sub>c</sub></b> (Precio de reserva del comprador)	60000	60000	60000
<b>P<sub>i</sub></b> (Precio inicial de la subasta)	45103.5	45144	45132
<b>MAX (P<sub>c</sub>)</b> (Máximo precio de reserva de compradores)	60000	60000	60000
<b>Ef<sub>c</sub></b> : $\frac{P_c - P_n}{P_c - P_i}$	0.260	0.255	0.264
<b>Ef<sub>v</sub></b> : $\frac{P_n - P_v}{MAX(P_c) - P_v}$	0.741	0.746	0.738

**Tabla 4.** Resultados de la evaluación de la Eficiencia  
**Tabla 4.** Results obtained from the efficiency criterion evaluation

EVALUACIÓN DE EFICIENCIA			
Nombre de caso de estudio: "Mercado Electrónico de Libros"			
Protocolo	Tipo Eficiencia	Valor	Interpretación
Subasta Inglesa	<i>Ef<sub>v</sub></i>	0,746	Media
	<i>Ef<sub>c</sub></i>	0,256	Aceptable
Subasta Holandesa	<i>Ef<sub>v</sub></i>	0,995	Excelente
	<i>Ef<sub>c</sub></i>	0,183	Mala

Los resultados de la Rapidez se evalúan de acuerdo a los datos del problema y a los arrojados por la experimentación, los resultados registrados según la plantilla establecida por el método se pueden observar en la tabla 3.

**Tabla 5.** Resultados de la evaluación de la Rapidez  
**Table 5.** Results obtained from the Speedness evaluation

EVALUACIÓN DE RAPIDEZ		
Caso de estudio: “ <i>Mercado de Libros</i> ”		
Protocolo	Valor	Interpretación
Subasta Inglesa	0.97	Muy alto
Subasta Holandesa	0.21	Lento

Para la evaluación de la escalabilidad de un protocolo, con relación a los resultados arrojados y a su concordancia con las otras métricas se debe, antes que nada, elaborar una tabla resumen que contenga todos los casos evaluados y sintetizados, tomando en cuenta el tipo de protocolo y el número de agentes, se propone para esto la plantilla que se muestra en la tabla 6. La rapidez en los datos mostrados fue normalizada tomando como Rapidez más alta 75 y Rapidez más baja 953 conversaciones.

**Tabla 6.** Plantilla para resumir los resultados de la Escalabilidad  
**Table 6.** Template to collect results from Scalability criterion calculation

RESULTADOS PARA CALCULAR ESCALABILIDAD					
# Agentes	Tipo Protocolo	Rapidez	Eficiencia comprador	Eficiencia vendedor	Complejidad
3	S. Inglesa	1,00	0,29	0.72	1
8	S. Inglesa	0,74	0.26	0.75	1
13	S. Inglesa	0,41	0.13	0.87	1
18	S. Inglesa	0,00	0.02	0.98	1
3	S. Holandesa	0,74	0.21	1	1
8	S. Holandesa	0,57	0.18	1	1
13	S. Holandesa	0,35	0.28	1	1
18	S. Holandesa	0,27	0.11	1	1

**Tabla 7.** Plantilla para la evaluación de la Escalabilidad  
**Table 7.** Template for Scalability criterion evaluation

EVALUACIÓN DE LA ESCALABILIDAD		
Tipo protocolo	Evaluación subjetiva de la escalabilidad	Valor lingüístico obtenido
Subasta Inglesa	0.6	Buena
Subasta Holandesa	0.5	Regular

Luego de tener la tabla resumida que refleja como van cambiando las condiciones del SMA a medida que se varia el número de agentes, se procede a

llenar la plantilla que se muestra en la tabla 7, la cual va a contener el resultado tanto numérico como lingüístico de la escalabilidad de los distintos protocolos implementados. Estos resultados son tomados subjetivamente, ya que involucran el análisis de la tabla 6, dado que los distintos parámetros de eficiencia del comprador, del vendedor, rapidez y complejidad están dados en términos que no se pueden unificar.

## 6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Con este método de comparación propuesto se logra realizar de una forma clara y ordenada la identificación, caracterización y

evaluación del desempeño de distintos protocolos Multi-Agente de Negociación Electrónica. A través de la aplicación del método propuesto se obtuvieron resultados satisfactorios sobre el desempeño de los diferentes protocolos de negociación electrónica Multi-Agentes. Este conocimiento es muy útil al momento de escoger alguno de ellos para realizar la subasta electrónica de productos tangibles.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la ejecución y comparación de los protocolos de negociación electrónica se puede concluir lo siguiente en términos de la **Eficiencia y Rapidez** de los protocolos implementados:

- La subasta holandesa es, en general, más beneficiosa para los vendedores que las otras implementadas, porque registra las mayores utilidades para ellos. Lo anterior ocurre porque el protocolo inicia con un precio alto y decide rápidamente a quién le otorga el producto.

- La subasta inglesa es, en general, una de las más completas y resulta bastante beneficiosa para los vendedores y también para los compradores, debido a que el protocolo inicia con un precio bajo y se va subiendo lentamente de acuerdo a las ofertas de los compradores, lo que les permite “controlar” el proceso de negociación para obtener mejores utilidades. No es tan sesgada hacia el beneficio de los vendedores como la subasta Holandesa.

- Si se comparan las subastas inglesa y holandesa se puede observar que la rapidez de la inglesa es mejor que la holandesa, ya que a medida que se va incrementando el precio del producto, en la subasta inglesa, hay menos permanencia de agentes activos. Esto se presenta, porque los agentes se van retirando cuando la negociación ha alcanzado niveles superiores a su precio tope. Por lo tanto, hay menos intercambio de mensajes, lo que implica mayor rapidez en el proceso. La holandesa tarda más, ya que todos los agentes permanecen activos en la negociación hasta que se finaliza el proceso.

En términos de la Escalabilidad podemos concluir lo siguiente:

- Si se comparan las subastas inglesa y holandesa se puede concluir que la escalabilidad de la holandesa es mejor que la inglesa, debido a que al

incrementar el número de agentes, la subasta inglesa se degrada mucho, esto se debe a que en el protocolo de subasta inglesa, si muchos agentes permanecen activos, por incrementarse el número de compradores, el vendedor deberá hacer una búsqueda más exhaustiva para encontrar el mejor precio de negociación para él, hasta que sólo quede un agente dispuesto a comprar. En cambio, en la subasta holandesa, si el número de agentes incrementa, esto puede permitir que incluso se acabe más rápido el proceso de negociación, porque pueden aparecer agentes que tienen más capacidad de compra y ofertan en menos tiempo por el producto.

En términos de La Completitud, los protocolos Subasta Inglesa y holandesa, bajo las condiciones adecuadas, implementadas en este trabajo, resultaron completos.

El método propuesto en este trabajo, resultó exitoso, pues permite determinar bajo ciertas métricas cuál protocolo es más beneficioso entre varios propuestos al momento de subastar electrónicamente productos tangibles.

Como trabajo futuro y como mejoras que se plantean a este trabajo, se proponen los siguientes puntos:

- Incluir la utilización de otros criterios de calidad y desarrollar nuevas métricas para caracterizar los protocolos de negociación Multi-Agente, ampliando las que ya se tienen definidas en el método de comparación.

- En la medición de la métrica de Escalabilidad, buscar una forma no tan subjetiva para realizar la medición, en la cual se tomen más parámetros de los distintos protocolos y se encuentre una forma de relacionarlos, de forma tal que se puedan tomar valores numéricos más objetivos.

- En la implementación de los prototipos, se plantea la posibilidad de realizar subastas sucesivas con grupos de productos, con el fin de simular el comportamiento de subastas mucho más reales. Lo anterior permite que se puedan

negociar varios productos al mismo tiempo, en el mismo protocolo, con el fin de analizar nuevos comportamientos en los protocolos actuales o en nuevos protocolos implementados.

- En cuanto a los protocolos de negociación Multi-Agente, se propone ampliar el número de los utilizados en la comparación, por ejemplo se podría considerar otros mecanismos tales como las “Subastas Dobles” [14], las cuales permiten procesos de subasta entre múltiples compradores y múltiples vendedores para la negociación de un producto.

## REFERENCIAS

- [1] OVALLE D. & MORENO J. “Computational Hybrid System based on Neural-Fuzzy Techniques & Intelligent Software Agents to Assist Colombian Electricity Free Market”. *IJCIR International Journal of Computational Intelligence Research*, ISSN 0973-1873, v.3, n.2, 2007.
- [2] ZHANG W., WANG, G., MAILLER R., LESSER V. “Analysis of negotiation protocols by distributed search”. *Distributed Sensor Networks: A multiagent perspective*. 2003.
- [3] BARTOLINI C., PREIST C., KUNO H. Requirements for automated negotiation. Hewlett-Packard Labs, 2004.
- [4] JAISWAL A., YONGDAE K., GINI M. Design and implementation of a secure multi-agent marketplace. En: *Electronic Commerce Research and Applications* 3 355–368, 2004.
- [5] REAIDYA J., MASSOTTEA P., DIEP D., “Comparison of negotiation protocols in dynamic agent-based manufacturing systems”. *International journal of production economics*. 2003
- [6] ANUMBA C.J., REN Z., THORPE A., UGWU O., NEWNHAM L. Negotiation within a multi-agent system for the collaborative design of light industrial buildings. En: *Advances in Engineering Software* 34 389–401, 2003.
- [7] BEER M., D’INVERNO M., LUCK M., JENNINGS N., PREIST C., AND SCHROEDER M.. “Negotiation In Multi-Agents Systems”. 1999.
- [8] FIPA (Foundation Intelligent Physical Agents) [www.fipa.org](http://www.fipa.org). 2005.
- [9] REAIDYA J., MASSOTTEA P., DIEP D., “Comparison of negotiation protocols in dynamic agent-based manufacturing systems”. *International journal of production economics*. 2003.
- [10] ZHANG W., WANG, G., MAILLER R., LESSER V. “Analysis of negotiation protocols by distributed search”. *Distributed Sensor Networks: A multiagent perspective*. 2003.
- [11] BEN-AMEUR H., CHAIB-DRAA B. AND KROPF P., “Multi-Item Auctions for Automatic Negotiation”. Cirano. Scientific Series s-68 ISSN 1198-8177. 2002.
- [12] BELLIFEMINE F., POGGI A. AND RIMASSA G. “JADE–A FIPA-compliant agent framework”, Italy.
- [13] IGLESIAS C. “Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagentes”. Tesis doctoral. Departamento de ingeniería de sistemas Telemáticos, Universidad politécnica de Madrid, pp. 322, 1998.
- [14] WURMAN PETER R., WALSH WILLIAM E., WELLMAN MICHAEL P. “Flexible Double Auctions For Electronic Commerce: Theory And Implementation.” University of Michigan. 1998.