



ESCOM

# RISCE Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos

Noviembre 2009

Editor: Eduardo Bustos Farías

RISCE Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos; es una publicación bimestral del Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, unidad “Profesional Adolfo López Mateos”, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México D.F. a través de la Escuela Superior de Computo; Av. Juan de Dios Bátiz S/N esquina Miguel Othón de Mendizábal. “Unidad Profesional Adolfo López Mateos”. Col. Lindavista C.P. 07738, México, D. F. tel. 57296000 ext. 52000. Certificado de reserva de Derechos al uso Exclusivo del título No. 04-2008-062613190500-203, ISSN en trámite. Los artículos son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario. Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se cite explícitamente la fuente. La revista se especializa en el área de los sistemas computacionales y electrónicos; tanto en el desarrollo, como en la investigación en:

Computo Móvil

Física Electrónica

Ingeniería de software

Procesamiento de señales

Inteligencia artificial

Comunicaciones

Electrónica

Robótica y cibernética

Computo educativo

Matemática computacional

Innovación Tecnológica

### **Distribución**

La revista cuenta con 300 ejemplares que se distribuyen en:

Europa, Asia y América Hispana; mediante CD ROM y correo electrónico

## Directorio



### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ING. JUAN MANUEL CANTÚ ALVAREZ.**  
SECRETARIO GENERAL

**DR. EFREN PARADA ARIAS**  
SECRETARIO ACADEMICO

**M. EN C. FERNANDO ARELLANO CALDERON.**  
SECRETARIO DE GESTION ESTRATEGICA

**DR. JAIME ALVAREZ GALLEGOS.**  
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**ING. ERNESTO MERCADO ESCUTIA**  
SECRETARIO DE SERVICIOS EDUCATIVOS

**ING. OSCAR JORGE SÚCHIL VILLEGAS.**  
SECRETARIO DE INTEGRACION SOCIAL

**C.P. ROBERTO ALVAREZ ARGUELLES**  
SECRETARIO DE ADMINISTRACION

**LIC. JUDITH CLAUDIA RODRIGUEZ ZUÑIGA**  
DEFENSORA DE DERECHOS POLITECNICOS



### ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

**APOLINAR FRANCISCO CRUZ LÁZARO**  
DIRECTOR

**FLAVIO ARTURO SÁNCHEZ GARFIAS**  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

**ARACELI LOYOLA ESPINOSA**  
SUBDIRECTORA DE SERVICIOS EDUCATIVOS E INTEGRACIÓN SOCIAL

**JUAN VERA ROMERO**  
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO

**JESÚS YALJÁ MONTIEL PÉREZ**  
JEFE DE LA SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**EDITOR**  
EDUARDO BUSTOS FARÍAS

RISCE Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos; es una publicación bimestral del Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, unidad "Profesional Adolfo López Mateos", Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México D.F. a través de la Escuela Superior de Computo; Av. Juan de Dios Bátiz S/N esquina Miguel Othón de Mendizábal. "Unidad Profesional Adolfo López Mateos". Col. Lindavista C.P. 07738, México, D. F. tel. 57296000 ext. 52000. Certificado de reserva de Derechos al uso Exclusivo del título No. 04-2008-062613190500-203, ISSN en trámite Los artículos son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario. Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se cite explícitamente la fuente.

### **Miembros del comité Revisor**

(Todo el comité técnico está formado por doctores en ciencias o su equivalente)

Francisca Losavio de Ordaz (Venezuela)(Universidad Central de Venezuela)

Alfredo Matteo (Venezuela) (Universidad Central de Venezuela)

Emmanuel F. Moya Anica (México)

Edgardo Manuel Felipe Riverón (Cuba) (México)(CIC)

Luis Enrique Palafox Maestre (México)

Eduardo F. Caicedo Bravo (Colombia)

Hilda Ángela Larrondo (Argentina)

Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez (Perú)

Elizabeth León Guzmán (Colombia)

María Cecilia Rivera (Chile)

Satu Elisa Schaeffer (Finlandia)(UANL)

Rafael Canetti (Uruguay)

Javier Echaiz (Argentina)

Pablo Belzarena (Uruguay)

Carlos Beltrán González (Italia)(Università di Genova)

Elena Fabiola Ruiz Ledesma (México)

Jonatan Gómez (Colombia)

Armando De Giusti (Argentina)

Juan José Torres Manríquez (México)

Jesús Yaljá Montiel Pérez (México)

Luis Alfonso Villa Vargas (México)

Marco Antonio Ramírez Salinas (México)

Félix Moreno González (España)(UPM)

Salvador Godoy Calderón (México) (CIC)

## INDICE

Herramientas de gestión estratégica del conocimiento en organizaciones intensivas en actividades de investigación y desarrollo.....	6
Fabiola Ocampo Botello, Eduardo Bustos Farías, Roberto De Luna Caballero ...	6
Sistema Experto Inteligente Aplicado a la Ortopedia.....	18
Edmundo René Durán Camarillo, Ignacio Ríos de la Torre, Juan José Torres Manríquez.....	18
Detección de Patologías mediante Zonas Somatotopicas mediante la segmentación polar del Iris .....	27
Samuel Sánchez Islas, Rodolfo Romero Herrera, Jaime Hugo Puebla Lomas....	27
Álgebra de procesos aplicada a la especificación formal de sistemas distribuidos .....	36
Jorge Cortés Galicia, Felipe Rolando Menchaca García, Gonzalo Pérez Araiza	36
Monitoreo Inteligente Utilizando Dispositivos Móviles Inalámbricos.....	45
<sup>1</sup> Ernesto Isaac Ramírez Silva, <sup>2</sup> Jesús Yaljá Montiel Pérez .....	45
Instrucciones para los autores .....	51

# Herramientas de gestión estratégica del conocimiento en organizaciones intensivas en actividades de investigación y desarrollo

*Fabiola Ocampo Botello, Eduardo Bustos Farías, Roberto De Luna Caballero*

focampob@ipn.mx

ebustosf@ipn.mx

rdeluna@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Cómputo. Av. Juan de Dios Bátiz s/n esq. Av. Miguel Othón de Mendizabal. Col. Nueva Industrial Vallejo. Unidad Profesional Adolfo López Mateos (Zacatenco). Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México, D.F. Teléfono oficina. (015) 57296000 extensión 52051

## Resumen

El propósito de este trabajo es presentar herramientas de gestión estratégica del conocimiento en las organizaciones intensivas en actividades de investigación y desarrollo, como son el reporte de capital intelectual y el cuadro de mando integral, así como casos nacionales e internacionales de empresas del sector público y privado que ya las han implementado, en el marco de la sociedad informacional y de la gestión de la inteligencia colectiva.

**Palabras clave:** capital intelectual, reporte de capital intelectual, gestión del conocimiento

## Abstract

The purpose of this paper is to present tools of strategic management of knowledge-intensive organizations in research and development, such as intellectual capital reporting and scorecard, as well as domestic and international cases of public sector enterprises and private and implemented within the framework of the informational society and the management of collective intelligence.

**Keywords:** intellectual capital, intellectual capital reporting, knowledge management

## Introducción

En la sociedad del conocimiento las organizaciones intensivas en actividades de investigación y desarrollo desarrollan nuevas metodologías de gestión del conocimiento que hacen énfasis en el desarrollo del capital intelectual, para ello requieren herramientas estratégicas para su pilotaje, tales como el reporte de capital intelectual y el cuadro de mando integral. Por ello este trabajo se divide en siete apartados: La Sociedad del conocimiento, Organizaciones que aprenden, Los sistemas de gestión de conocimiento en las organizaciones, La inteligencia colectiva y la Gestión del conocimiento, Herramientas de gestión estratégica del conocimiento, Casos de aplicación y Conclusiones.

## I. La Sociedad del conocimiento

La era en la que vivimos se caracteriza por una ruptura de las estructuras disciplinarias, que se debe en gran parte a una complejidad en la producción del conocimiento contemporáneo y por lo cual han emergido nuevos modos de producción del conocimiento que están impulsados por las tecnologías de la comunicación y la información.

La transformación que está haciendo el uso de la tecnología, provoca que haya una evolución de la información centralizada a una información en red. Pasamos de la era en donde la dificultad era tener información actualizada y suficiente, a la era de discernir sobre la información pertinente, adecuada y novedosa.

Tal evolución, obliga a redimensionar las funciones sustantivas a fin de cubrir con las nuevas expectativas de la sociedad, fomentando el desarrollo de las comunidades de prácticas y redes, y con esto la adopción de nuevos modelos organizacionales.

Cabe señalar, que nos encontramos en la transición del modo uno de producción de conocimiento (disciplinar), al modo dos de producción de conocimiento (transdisciplinar), es decir, estamos transitando de una creación del conocimiento en ámbitos estrechos, jerarquizados y homogéneos de las disciplinas hacia espacios más amplios, horizontales y heterogéneos de las interdisciplinas.

Para esta nueva dimensión del conocimiento, es necesario establecer una manera de gestionar estas redes, sin pasar por alto que la forma de colaboración de una red no es jerárquica y por tanto requiere de una gestión apropiada. Esta apreciación es con el propósito de sistematizar y optimizar los recursos que se deriven a partir de ahí (vinculando grupos, extendiendo las fronteras institucionales y/o nacionales y buscando la multi e interdisciplinariedad).

Es así como la dirección y el funcionamiento de una configuración organizacional centrada en la creación y la innovación del conocimiento se realizan a partir de la gestión del conocimiento (knowledge management), que es definida como la forma de dirección orientada a la maximización del rendimiento del capital intelectual.

**Informacionalismo.** Es el paradigma tecnológico que constituye la base material de las sociedades de comienzos del siglo XXI. Va reemplazando al industrialismo. Está basado en el aumento de la capacidad de procesamiento de la información y la comunicación humanas, debido a las TICS y la ingeniería genética. Donde, tecnología es el uso de conocimientos científicos para establecer procedimientos de actuación de una manera reproducible. Paradigma es un modelo conceptual que establece los principios de actuación, que integra los descubrimientos en un sistema coherente de relaciones caracterizado por su sinergia. Y finalmente, un paradigma tecnológico es aquel que organiza una serie de descubrimientos tecnológicos alrededor de un núcleo y un sistema de relaciones que mejoran la actuación de cada tecnología específica (Castells, 2006).

## II. Organizaciones que aprenden

**La organización creadora de conocimiento.** La innovación se genera a partir de la creación de conocimiento organizacional, es decir, a partir de la capacidad de una compañía para generar nuevos conocimientos, diseminarlos entre los miembros de la organización y materializarlos en productos, servicios y sistemas. Este conocimiento es de dos tipos: el **explícito** (formal y sistemático, que se puede expresar con palabras y números, que puede transmitirse y compartirse como datos, formulas científicas, procedimientos codificados) e **implícito o tácito** (no muy evidente y difícil de expresar, incluye la intuición, las ideas y las corazonadas subjetivas, enraizado en las acciones y la experiencia individual, así como en los ideales valores y emociones de cada persona). **El proceso de creación del conocimiento** se basa en la interacción entre el de tipo tácito y el de tipo explícito, a través de cuatro formas: la socialización (de tácito a tácito), exteriorización (de tácito a explícito), combinación (de explícito a explícito) e interiorización (de explícito a tácito) (Nonaka y Takeuchi, 1999 y Gianneto y Wheeler, 2002).

La gestión del conocimiento es el conjunto de procesos que utilizan el conocimiento para la identificación y utilización de los recursos intangibles existentes en una organización, así como para la generación de otros nuevos. Es decir, se puede ver como el uso del conocimiento colectivo para aumentar la capacidad de respuesta e innovación de una organización o sistema social. Esta gestión es de dos tipos, la gestión funcional y la gestión estratégica. En la primera, se usa la informática para organizar y distribuir información desde y hacia los empleados. Y la segunda, se refiere a la aplicación del conocimiento a la estrategia de la organización, a fin de crear estructuras de apoyo a los profesionales del conocimiento (Medina, 2002).

**La gestión del conocimiento** será un conjunto de procesos centrados en el desarrollo y aplicación del conocimiento de una organización para generar activos intelectuales (capital intelectual) que pueden ser explotados para generar valor y, de esta forma, contribuir al logro de los objetivos empresariales marcados. Tales objetivos son la generación de ventajas competitivas sólidas y duraderas en cada una de las dimensiones del cuadro de mando integral que permite medir y revisar la creación de riqueza por parte de la empresa.

Así, las empresas pueden intensificar su **ventaja estratégica** si recogen el conocimiento disperso en su estructura, en sus empleados, en sus procesos, en sus interacciones con los clientes. Y, sobre todo, si lo sistematizan y ponen a disposición de sus empleados.

Las **organizaciones más competitivas** son las que tienen la capacidad para transformar sus conocimientos en mejores prácticas, logrando combinar los esfuerzos de gestión interna con las exigencias del entorno. La clave se encuentra en generar un clima de confianza entre los empleados y los directivos, que se ponga de manifiesto en las interacciones con los clientes y a largo plazo redunde en la generación de valor para el accionista (Fernández, 2006).

**La gestión social y económica del conocimiento.** Desde el punto de vista social, la gestión se enfoca en el aprendizaje y la creación de conocimiento en las organizaciones, haciéndolas más eficaces y flexibles. En cambio, desde el enfoque económico, la gestión se identifica con la operación de activos intelectuales, tales como la protección y comercialización de las innovaciones y la propiedad intelectual, con el fin de usar la tecnología para conseguir ventajas competitivas en el mercado. La cadena de actividades propias de cada enfoque también tiene sus peculiaridades. Por ejemplo, para la gestión del conocimiento de corte social centrada en el aprendizaje, las actividades principales tienen que ver con la acumulación de saber, la creación de conocimientos, la dirección hacia un objetivo determinado, el manejo de estructuras y procedimientos, el apoyo a la emergencia de la creatividad mediante la flexibilidad, las relaciones informales y la innovación. Por tanto, la cultura y la sociología son las disciplinas claves para comprender la forma de comportarse de las personas y los valores de la organización que producen el conocimiento. Por su parte, al enfoque económico basado en la gestión de los activos intelectuales le importan las actividades de constitución de una base de *know-how*, la producción de la innovación, el manejo y valoración de los activos intelectuales y la creación de beneficios financieros (Medina, 2002).

### III. Los sistemas de gestión de conocimiento en las organizaciones

Un *sistema de gestión de conocimiento* se refiere al aprovechamiento del conocimiento mismo que se tiene dentro de una organización, así como a su explotación en proyectos a corto plazo y a su exploración en la detección de nichos de oportunidad de la empresa para el desarrollo de proyectos a largo plazo.

Los sistemas de gestión de conocimiento de las empresas plantean una nueva forma en la construcción de los sistemas de información, los cuales están fuertemente asociados al aprovechamiento del conocimiento tácito de forma explícita que tienen las organizaciones almacenada en formatos de tecnologías avanzadas de bases de datos, el uso de inteligencia artificial con la finalidad de transformar el conocimiento tácito a codificado, la seguridad en medio ambientes abiertos y las redes de computadoras.

La creación y la implantación exitosa de un sistema de gestión de conocimiento requiere el trabajo de varios especialistas en diferentes áreas, los cuales muchas veces se encuentran en las instituciones académicas, por lo que, la vinculación entre los centros de investigación y las empresas, es un binomio fundamental para la elección de las mejores tecnologías en la creación de tales sistemas dentro de las organizaciones.

Tiwana (1999) plantea en veinticuatro estrategias la forma en que puede ser implantado un sistema de gestión de conocimiento dentro de una organización, las cuales de forma implícita se asocian en primera instancia al conocimiento propio de la organización, a los otros tipos de conocimiento y a las formas de transmisión a través de individuos, grupos y en la organización en general. A continuación se presenta la arquitectura de siete capas de un sistema de gestión de conocimiento propuesta por este autor.

## **CAPA 1. La capa de interfaz**

La capa de interfaz es el primer contacto que tienen los usuarios del sistema de gestión de conocimiento con las demás capas que soportan el sistema, la cual debe ser amigable, permitir un acceso rápido, seguro y confiable al conocimiento tácito que se encuentra almacenado de manera explícita en el sistema.

El diseño de esta capa está asociado a la forma en que se va a presentar la información al usuario, el cual constituye el canal de transferencia del conocimiento explícito a la conversión del conocimiento tácito propio de cada usuario del sistema, por tal razón, dos de los aspectos que se deben considerar es el almacenamiento y la comunicación. El almacenamiento se refiere a la forma en que la información será almacenada en las bases de datos y la comunicación se puede lograr a través de canales abiertos, para lo cual se puede utilizar la video conferencia, el Chat, aplicaciones de audio en vivo, el teléfono, productos derivados de Internet, y otros mecanismos de interacción informal.

## **CAPA 2. La capa de acceso y autenticación**

Esta es la capa que se encuentra inmediatamente debajo de la capa de interfaz, la cual se encarga de la seguridad y el acceso restringido a las capas posteriores, así como la autenticación de usuarios válidos a la intranet y extranet que componen el sistema.

Debido a que las compañías están adoptando sistemas híbridos a través del uso de intranets y extranet para conectar usuarios dentro y fuera de los límites de la organización, estos se construyen con protocolos de Internet, con la finalidad de lograr un compartimiento eficiente de sus recursos.

Algunas de las medidas de seguridad que se implantan en esta capa están asociadas al uso de privilegios de acceso, barreras de fuego (*firewalls*), la creación de respaldos, protocolos de seguridad para redes y sistemas biométricos.

## **CAPA 3. La capa de inteligencia y de filtrado colaborativo**

Esta es la capa que constituye la inteligencia del sistema de gestión de conocimiento, la cual puede ser implementada a través del uso de técnicas de inteligencia artificial como redes neuronales, algoritmos genéticos, razonamiento basado en reglas, razonamiento basado en casos y agentes móviles.

Los agentes móviles son las técnicas más adecuadas para dotar de autonomía, ejecución asíncrona, movilidad y transferencia de información a un sistema de gestión de conocimiento. Los agentes móviles ofrecen características tales como:

1. **Los agentes móviles reducen la carga de la red.** Los agentes móviles permiten reducir la carga de la red debido a que transfieren los resultados a los otros sitios en lugar de los datos mismos, esto se aplica también en la transferencia de imágenes, videos y de grandes cantidades de información.
2. **Operaciones en tiempo real.** Los agentes móviles permiten la transferencia de resultados de operaciones en tiempo real a través de lugares remotos e incluso pueden ser disparados de un sitio y ejecutarse en otro.
3. **Encapsulamiento de protocolo.** Los agentes móviles pueden encapsular varios protocolos y construir un canal de comunicación entre dos máquinas que originalmente no podrían establecer un canal de comunicación.
4. **Ejecución asíncrona y autónoma.** Los agentes pueden realizar tareas de forma autónoma e independiente de los dispositivos y los procesos que soporten las interfaces de entrada y recepción de datos.
5. **Heterogeneidad e integración perfecta.** Los agentes móviles pueden integrar dispositivos en ambientes heterogéneos de red, independientemente de la incompatibilidad de las arquitecturas de hardware y software que corren en el hardware.

6. **Los agentes móviles son tolerantes a fallas.** Si un nodo de la red se cae, el agente puede advertirse de tal situación y continuar sus operaciones en otros nodos y ahorrarse tiempo y esfuerzo. Esta es una característica que no ha sido muy probada.

Además de las características anteriores los agentes tienen la capacidad de ejecutarse de forma **asíncrona**, de tal forma que puede monitorear información de una fuente sin depender del sistema del cual se origina, o esperar que se cumpla una condición para realizar una acción. Estas características son relevantes en los sistemas de gestión de conocimiento, ya que éstos se ejecutan en medio ambientes abiertos y con gran cantidad de información como la Web

#### **CAPA 4. La capa de aplicación**

En esta capa se encuentran las aplicaciones tales como directorios de destrezas, páginas amarillas, herramientas colaborativas, software y hardware para la transferencia de video (y su integración con el resto del sistema) y herramientas de soporte a la toma de decisiones. Las aplicaciones que se implantan en esta capa dependen de las funciones específicas que tendrá e integrará el sistema de gestión de conocimiento.

#### **CAPA 5. La capa de transporte**

La capa de transporte, como su nombre lo dice es la que se va a encargar de transportar la información de un lugar a otro, por tal razón y debido a las grandes cantidades de información que se encuentran inmersas en los sistemas de gestión de conocimiento, esta capa debe incluir al menos los siguientes componentes:

- Conectividad con protocolo TCP/IP en toda la organización.
- Un servidor Web activo.
- Un servidor MAIL.
- Una red privada virtual, para soportar acceso, conectividad y comunicación remota.
- Soporte para la transferencia de audio y video.

#### **CAPA 6. La capa intermedia y de integración legal**

La capa de integración de legado de datos proporciona la conexión entre los datos que ya existen dentro de la organización y los nuevos formatos para los datos. Así también, la capa intermedia proporciona una interconectividad entre los formatos que han sido utilizados y los nuevos. En este nivel se puede utilizar herramientas que permitan la interconexión de datos y formatos nuevos y existentes a pesar de las posibles incompatibilidades que puedan presentar, lo cual se puede llevar a cabo a través de las herramientas DMA y WebDAV.

#### **CAPA 7. La capa repositorio**

La capa que se encuentra en la parte inferior del sistema de gestión de conocimiento es la capa de repositorio, la cual consiste en las bases de datos, archivos, legado de datos, archivos o documentos digitalizados y repositorios de objetos. Este tipo de repositorios son integrados y combinados con información contextual y conocimiento tácito.

Las siete capas que se han explicado en los párrafos anteriores constituyen el sistema de gestión de conocimiento en diferentes niveles y etapas, las cuales de manera general integran conocimiento muy especializado de diversas áreas de investigación.

#### IV. La inteligencia colectiva y la Gestión del conocimiento

**Inteligencia colectiva.** Es una forma de inteligencia universalmente distribuida, constantemente realizada, coordinada en tiempo real, y resultando en la movilización efectiva de habilidades. Con el objeto del reconocimiento mutuo y enriquecimiento de individuos en vez del culto de comunidades fetichistas o hyperestatzadas. Es la inteligencia de conexiones armónicas, de relaciones que fomentan la cooperación. Es una inteligencia conectiva, un “cerebro global” o inteligencia relacional (Lévy, 2004 y Zara, 2005). No es un problema de cantidad de neuronas sino de las conexiones convenientes que seamos capaces de construir entre los individuos de una sociedad y entre las sociedades todas (Majfud, 2008).

Los procedimientos de decisión y de evaluación empleados hoy fueron establecidos para un mundo relativamente estable y para una ecología de la comunicación sencilla. En la actualidad se requiere de formas de organización o de tratamiento de información innovadoras, descentralizadas, más flexibles e interactivas. Para responder a la aceleración del cambio, es necesario un tratamiento cooperativo de los problemas complejos, que implique trabajo multidisciplinario, para lo que es fundamental la identificación de las personas y sus conocimientos. (Lévy, 2004)

En una organización la gestión de la inteligencia colectiva significa la combinación de todas las herramientas, métodos y procesos que permiten la conexión y cooperación entre las inteligencias individuales para lograr un objetivo común, alcanzar una misión o completar una tarea. La gestión de la inteligencia colectiva de una organización es cultivar una dinámica de cooperación entre los individuos (cooperación interpersonal), crear cooperación interna entre equipos y entidades (a través de un intranet colaborativo, por ejemplo), y desarrollar cooperación externa con los clientes, proveedores y aún con los competidores. La cooperación con clientes y proveedores se denomina empresa extendida. La cooperación con los competidores se llama “competición” (en inglés *coopetition*, una contracción entre los términos cooperación y competición), que significa que siendo competidores pueden cooperar y crear sinergias (Zara, 2005).

La Gestión del Conocimiento debe cumplir con estos conceptos, debe implementar políticas y estrategias para la producción, conservación, transferencia y uso de conocimiento (información útil), la estructura organizacional (incluido sus procesos) debe responder igualmente a la estrategia y sus capacidades centrales deben permitir: El tratamiento adecuado de los datos y la información a través de las capacidades de las tecnologías de información, y las capacidades de creatividad e innovación del talento humano y; desarrollar, mantener, y renovar los activos intangibles, creando valor (Rivera, 2006).

Para las organizaciones, la gestión del conocimiento puede ser definida como la forma de dirección orientada a la maximización del rendimiento del *capital intelectual*, entendido éste como el conjunto de competencias institucionales distintivas de carácter intangible que permiten crear ventajas para la obtención de presupuestos, mediante la colaboración comprometida de su comunidad y el uso de procesos en la producción, transmisión y transferencia de un conocimiento innovador. Se emplea este enfoque para articular el capital intelectual en los procesos de generación y difusión del conocimiento en estas organizaciones (Charue-Duboc, 1995).

La *gestión del conocimiento en su parte operativa* requiere del manejo masivo de datos. Los datos son un registro de los hechos acontecidos, pero que no tienen un valor en sí mismos, para ello tienen que ser ordenados, agrupados e interpretados para convertirse en información. Esta información interiorizada por un individuo se convierte en conocimiento. El papel de las TICS es poner la información a disposición de la gente que toma decisiones en una organización.

La inscripción organizacional de los saberes o de los conocimientos se realiza en cuatro lugares de la **memoria institucional**: la estructura organizacional, los instrumentos técnicos, las habilidades individuales y las redes de conocimiento (Charue-Duboc, 1995).

Los *modelos de gestión del capital intelectual y de gestión del conocimiento* juegan un papel progresivamente más importante en las empresas que se encuentran en este ambiente dinámico resultante de nuevas demandas de comercialización del conocimiento, de necesidades de uso más eficiente de sus recursos humanos, así como por la introducción de nuevas medidas de contabilidad para su gestión (Hellstrom & Husted, 2004).

**Las acciones para tener acceso a la inteligencia mundial**, que circula en el planeta, que realizan los sujetos (vinculados a las empresas más dinámicas de la economía mundial), del modelo mundial de producción del conocimiento (transdisciplinario), en el marco de la globalización son dos: la primera es la creación e intensificación de redes de investigación que se sustentan en alianzas y estrategias entre los actores que generan el conocimiento (el Estado, la industria, las universidades y las instituciones privadas), basadas en la colaboración y la competencia que constituyen las normas para establecer los vínculos. La segunda es, la estructuración de empresas tipo red que establecen vínculos y alianzas con otras empresas del sector industrial para realizar actividades conjuntas de investigación y desarrollo (Ibarra, 2000).

## V. Herramientas de gestión estratégica del conocimiento

### V.1. El Capital Intelectual

Según Roos, Roos, Dragonetti y Edvinsson (2001) en 1969 el economista John Kenneth Galbraith acuñó el concepto de **capital intelectual**. Él sugirió que significa acción intelectual más que mero conocimiento o puro intelecto y “se puede considerar tanto una forma de creación de valor como un activo en su sentido tradicional” (Roos, Roos, Dragonetti y Edvinsson, 2001). Mientras que para Steward (1998) “es la suma de todos los conocimientos que poseen todos los empleados de una empresa y le dan a ésta una ventaja competitiva... es material intelectual -conocimientos, información, propiedad intelectual, experiencia- que se puede aprovechar para crear riqueza”.

**¿Por qué medir o valorar el Capital Intelectual?** Los motivos que expone Andriessen (2004) son tres. Primero, Mejorar la administración interna. Aquello que es medido es administrado, sirve para mejorar la gestión de recursos intangibles, ayuda a crear estrategias basadas en recursos, auxilia en el monitoreo de los efectos de las acciones, traslada las estrategias de negocios en acción, facilita sopesar posibles cursos de acción y refuerza la gestión del negocio como un todo. Segundo, mejorar los reportes externos. Cierra la brecha entre el valor en libros y el de mercado, mejora la información a los accionistas acerca del valor real y desempeño futuro de la empresa, reduce la asimetría de la información, incrementa la habilidad de incrementar el capital y refuerza la reputación corporativa y afectando los precios de las acciones. Y tercero, por motivos transaccionales y reglamentarios.

### Modelo de capital intelectual del Consejo de Investigación austriaco

Es un modelo orientado a procesos, diseñado para mostrar el proceso de producción del conocimiento y los flujos de conocimiento de una organización de investigación. Este modelo está integrado con la clasificación del capital intelectual, por lo que es capaz de cumplir con los requerimientos específicos del Reporte de Capital Intelectual de la Organización Europea de Investigación en Tecnología, con respecto a proveer información para la gestión y aseguramiento de los varios tipos de resultados que son importantes nodos del Sistema Austriaco de Innovación Nacional.

Explicación del modelo. El proceso de adquirir, aplicar y aprovechar el conocimiento empieza con la definición de las metas de conocimiento específicas, las cuales se derivan de la estrategia del Consejo de Investigación corporativa. Las metas de conocimiento definen la base de conocimiento e indican donde habilidades específicas, estructuras o relaciones deberían reforzadas o construidas para apoyar la ejecución de la estrategia corporativa. Estas metas forman el marco para emplear el capital intelectual en los Centros de Investigación austriacos, el cual se compone de capital estructural, humano y relacional (de acuerdo a las definiciones de Steward, 1998, de Edvinsson y Malone, 1997). Estos recursos intangibles son insumos para los procesos de producción y utilización del conocimiento, el cual a su vez se manifiesta en múltiples proyectos.

Dependiendo de la asignación de un proyecto específico, los tres elementos de capital intelectual son conjuntamente utilizados o algunos elementos son aplicados selectivamente. Hay numerosas interacciones en el proceso.

Las consecuencias del proyecto pueden ser diferenciadas en base a diversas categorías de resultados. Los ingresos financieros por sí mismos han limitado el valor como una medida de éxito. El modelo, por tanto, identifica resultados no financieros que son clasificados como de orientación económica, orientados a la investigación u orientados a la sociedad. Los resultados son generalmente difíciles de expresar en términos financieros, pero podrían tener un impacto únicamente financiero en fechas posteriores. Con indicadores específicos, el Reporte de Capital Intelectual debería indicar los flujos de conocimiento y resultados dentro del Sistema de Innovación Nacional (el conjunto de agentes, instituciones, articulaciones y prácticas sociales vinculados a la actividad innovadora al interior de un país) y medir el desempeño de transferencia de tecnología hasta cierto punto. En comparación con empresas industriales, los reportes de capital intelectual de las organizaciones de investigación tecnológica han de reflejar su misión y visión, lo cual es expresado por diferentes categorías de resultados e indicadores de desempeño. En el caso de los centros de investigación austriacos, el rango de resultados incluye publicaciones, conferencias, y servicios de prueba, opiniones expertas, prototipos y software para el manejo de redes. Esto refleja principalmente los flujos de conocimiento entre la ciencia y la industria.

El modelo de capital intelectual del Consejo de Investigación Austriaco tiene como insumo la filosofía de la organización (visión y metas corporativas). Ello alimenta tres partes. El primero, el potencial de valor agregado (formado por las metas de conocimiento y los tres tipos de capital intelectual: el humano, el estructural y el relacional). El segundo, los procesos clave, (que en este caso son dos: los proyectos de investigación contratados y la investigación independiente). Y finalmente las salidas o resultados, que son de orden financiero y no financiero (o intangible).

## V.2 El Reporte de Capital Intelectual

Es una herramienta administrativa usada para generar valor en una compañía y una herramienta de comunicación con empleados, clientes, socios de negocios e inversionistas, respecto de cómo una compañía genera valor para ellos. Cumple con objetivos internos, como parte de las estrategias de conocimiento de la compañía y con objetivos externos al permitir comunicar los objetivos administrativos de conocimiento, iniciativas y resultados a numerosos grupos de interés. Es un método de reporte que muestra como los esfuerzos de la compañía apuntan a la construcción, desarrollo e incremento de la efectividad de sus recursos de conocimiento en el contexto de los empleados, clientes, tecnologías y proceso. Intenta apoyar y comunicar el desarrollo de la estrategia de administración de conocimiento de la compañía. Su propósito es explicar la base de recursos de la compañía y las actividades que la gerencia implementa para desarrollarlos. Relaciona los recursos de conocimiento acumulados y desarrollados de la compañía, por ejemplo en forma de relaciones con y entre empleados, clientes, tecnología y procesos. Su perspectiva estratégica es desarrollar el valor de la compañía a través de los recursos de conocimiento y conocimiento, su desarrollo, uso y que se comuniquen. Consiste de tres elementos: la narrativa del conocimiento, los desafíos administrativos y el informe.

**La narrativa del conocimiento** describe como la compañía asegura que sus productos o servicios se acomoden a los requerimientos del cliente, y especifica como la compañía ha organizado sus recursos para lograrlo. Expresa las ambiciones de la compañía para incrementar el valor que un usuario recibe de los bienes y servicios de la compañía. Sus elementos son: La misión de la compañía, con énfasis especial en el usuario, el valor de uso de los productos o servicios de la empresa y las condiciones básicas de revelación de los recursos de conocimientos requeridos enfrentarse con las necesidades del usuario.

**Los desafíos administrativos** son una serie de cambios dentro de la gestión del conocimiento que la compañía ha dominado para implementar la narrativa del conocimiento. Este subraya los recursos de conocimiento que necesitan fortalecerse a través de fuentes internas y externas.

**El informe** es un medio de comunicación con los clientes potenciales actuales, empleados y accionistas. Contiene la narrativa del conocimiento y los cambios administrativos, los cuales se presentan a través de ilustraciones, los que dan al lector una impresión del estilo de la compañía sus características e identidad.

El proceso de integrar el reporte del capital intelectual consiste en identificar una serie de acciones para trasladar los desafíos administrativos en acciones concretas. Los indicadores específicos se vinculan a cada acción y se utilizarán para medir como estas acciones serán implementadas. Así por ejemplo, se identifica el valor de uso, el bien o servicio de la compañía, a continuación se derivan los desafíos administrativos asociados, los que a su vez conducen a acciones específicas. Estas se pueden clasificar de muchos modos, uno de ellos es por el tipo de recursos: empleados, clientes, procesos o tecnología. De lo anterior se derivan una serie de indicadores (Danish Ministry of Science, Technology and Innovation, 2000).

### V. 3 El Cuadro de Mando Integral

Es un sistema de gestión estratégica, que contempla la actuación de la empresa desde cuatro perspectivas: la financiera, la del cliente, la de los procesos internos y la de aprendizaje y crecimiento. Es una estructura creada para integrar indicadores derivados de la estrategia de la organización. Pone énfasis en que los indicadores financieros y no financieros formen parte del sistema de información para los miembros de una organización a todos los niveles (Kaplan y Norton, 2002).

## VI. Casos de aplicación

**El caso de un centro de investigación del sector privado: Systematic.** La empresa *Systematic*, es una empresa danesa, fundada en 1985, dedicada al desarrollo de sistemas de misión crítica en el área de la salud y defensa, a través del desarrollo de software. Con 344 personas, incluyendo en sus oficinas en el Reino Unido y los Estados Unidos. Cuenta con certificaciones como ISO 9001:2000 y AQAP 110 y 150. Con ingresos de 3.61 millones de euros (en 2002/2003) y que invierte en innovación cerca del 15% de su ciclo de rotación de capital. Con lazos cercanos a otros centros de investigación. Lo relevante de la misma es que es la primera en adoptar el modelo de Reporte de Capital Intelectual que propone el *Danish Ministry of Science, Technology and Innovation*. Y los hace públicos desde 1999 a través de su portal en internet.

### **El Cuadro de Mando Integral en el Instituto de Investigaciones Eléctricas en México.**

Guillén (2008) propone el desarrollo de un cuadro de mando integral para el Instituto de Investigaciones Eléctricas. Este es un instituto de investigación, cuyos principales usuarios son la Comisión Federal de Electricidad, Luz y Fuerza del Centro y PEMEX. Esta herramienta se deriva del Plan Estratégico de Mediano Plazo 2006-2015.

De los indicadores que ya se utilizan se consideran de capital intelectual (aunque no se les da este nombre) a los relacionados con investigación y desarrollo tecnológico. Por ejemplo: publicaciones en revistas arbitradas (nacional e internacional), presentación de ponencias en eventos internacionales especializados, nuevas patentes registradas, nuevos derechos de autor registrados y proporción del gasto dedicado a investigación básica y aplicada. En el rubro de recursos humanos, se podría considerar el índice de personal con estudios de posgrado.

**La valuación de intangibles en el Instituto Mexicano del Petróleo.** Ortiz (2007) propone una metodología para la medición de intangibles en áreas de investigación y desarrollo del Instituto Mexicano del Petróleo. Este es un organismo público descentralizado del gobierno federal, creado en 1965. Esta propuesta se enmarca en el Plan Estratégico Institucional 2006-2010, donde algunos de sus objetivos estratégicos son lograr la alineación de la institución con PEMEX, impulsar la formación de recursos humanos especializados y generar investigación y desarrollo tecnológico de alto valor. Ello hace que el desarrollo e implementación de metodologías que gestionen los intangibles sea relevante. En su propuesta se adoptan los conceptos del capital intelectual, así como el uso del Cuadro de Mando Integral (CMI). Se genera una propuesta que abarca alrededor de 20 indicadores divididos en las categorías de capital humano, estructural y relacional. No abunda en cómo se implementaría el CMI.

## VII. Conclusiones

En la formulación del plan estratégico de desarrollo de las organizaciones intensivas en actividades de investigación y desarrollo es importante considerar los estándares del capital intelectual, en las vertientes de capital humano, capital estructural relacional y organizacional, que suministran información relevante para construir el cuadro integral de mando, y permitan tomar decisiones operativas, tácticas y estratégicas.

La gestión de las organizaciones para tener competitividad y productividad en el contexto de la sociedad del conocimiento requiere de: 1) Desarrollar infraestructuras tecnológicas que soporten la gestión y las redes de conocimiento, 2) Formación de personal para el mantenimiento fiable y seguro de esas redes, 3) Accesibilidad a los que trabajan en dichas Instituciones a esas redes (productores de conocimiento, los que están en administración, los empleados), 4) Conversión en una empresa en red, 5) Impulso de una cultura organizacional propicia a la sociedad del conocimiento, 6) Desarrollo de estructuras organizacionales que permitan el trabajo interdisciplinario y el impulso de la inteligencia colectiva y 7) Formación de los directivos en competencias de gestión del conocimiento y gestión de capital intelectual.

## Referencias

- Andriessen, D. (2004). IC valuation and measurement: classifying the state of the art. *Journal of Intellectual Capital*. 5 (2), 230-242. Emerald Group Publishing Limited. DOI 0.1 08/14691930410533669
- Castells, M. (ed.) (2006). *La sociedad red: una visión global*. España: Alianza Editorial.
- Charue-Duboc, F. (1995). *Des savoirs en action: contributions de la recherche en gestion*. Paris: L'Harmattan.
- Danish Ministry of Science, Technology and Innovation (2000). *A Guideline for Intellectual Capital Statements. A Key to Knowledge Management*. Copenhagen: Danish Ministry of Science, Technology and Innovation.
- Edvinsson, L. y Malone, M. S. (2004). *El Capital Intelectual. Cómo identificar y calcular el valor inexplorado de los recursos intangibles de su empresa*. Colombia: Norma.
- Fernández L., J. (2006). *Gestión por competencias. Un modelo estratégico para la dirección de recursos humanos*. Madrid, España: Financial Times – Prentice Hall.
- Giannetto, K. y Wheeler, A. (2002). *Herramientas para la Administración del Capital Intelectual. Manual de recursos para crear política y estructura, con guías prácticas para administrar el conocimiento en todos los niveles de la organización*. México: Panorama Editorial.
- Guillén Grajeda, Fabiola (2008). *Análisis, diseño y desarrollo de un cuadro de mando integral para una institución de investigación*. Tesis Licenciatura (Licenciado en Administración). Cuernavaca, Morelos: Universidad Latina, Escuela de Contaduría y Administración.
- Hellstrom, T. and Husted, K. (2004). Mapping knowledge and intellectual capital in academic environments: A focus group study. *Journal of Intellectual Capital*; 5, 1; BI/INFORM Global. p. 165
- Ibarra R., G. (2000). Las nuevas formas de producción de conocimientos y su impacto en la formación de investigadores en la UNAM. *Tiempo de educar*, enero-diciembre, 2 (003-004). Universidad Autónoma del Estado de México. 65-89.
- Kaplan, R. S. y Norton, D. P. (2002). *El Cuadro de mando integral: The Balanced Scorecard*. Barcelona: Gestión 2000.
- Lévy, P. (2004). *Inteligencia colectiva: por una antropología del ciberespacio*. Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud.
- Majfud, J. (2008). La inteligencia colectiva. *Revista Iberoamericana de Educación*. N. 45/2 – 10 de febrero.
- Medina V., J. (2002). Por un nuevo liderazgo para facilitar el desarrollo de comunidades y cultura del conocimiento en la formación avanzada. *Memorias de la ponencia presentada en la Reunión Técnica Internacional sobre Gestión del Conocimiento*. México, 4 - 6 diciembre de 2002. Instituto Politécnico Nacional.

- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1999). *La Organización Creadora de Conocimiento*. México: Oxford University Press.
- Ortiz Eleveño, Ricardo (2007). *Desarrollo de una metodología para la medición de intangibles en áreas de investigación y desarrollo del Instituto Mexicano del Petróleo*. Tesis Maestría (Maestría en Ingeniería de Sistemas). México: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Rivera B., J G (2006). ¿Gestión del conocimiento o gestión de la información? *Revista Tecnológicas*, 16.
- Roos, J.; R., Göran, D., N. C. y Edvinsson, L. (2001). *Capital intelectual. El valor intangible de la empresa*. España: Paidós.
- Steward, T. A. (1998). *La nueva riqueza de las organizaciones: el Capital Intelectual*. Argentina: Granica.
- Tiwana, A. (1999). *The Knowledge Management Toolkit*. USA: Prentice Hall.
- Zara, Olivier (2005). *Le management de l'intelligence collective: Vers une nouvelle gouvernance (Broché)*. Paris, M21 Editions.



# Sistema Experto Inteligente Aplicado a la Ortopedia

*Edmundo René Durán Camarillo, Ignacio Ríos de la Torre, Juan José Torres Manríquez*

<sup>1</sup>Escuela Superior De Cómputo, IPN, Av. Juan de Dios Batiz S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Col. San Pedro Zacatenco. México D. F., C. P. 07738,

E-mail: [eduranc@ipn.mx](mailto:eduranc@ipn.mx), [irios@ipn.mx](mailto:irios@ipn.mx), [jtorresm@ipn.mx](mailto:jtorresm@ipn.mx), Tel. 5729 6000, 52024 y 52018

**Resumen.-** En este artículo se describe el diseño y desarrollo de un prototipo de sistema experto que es capaz de dar un pre-diagnóstico en el área de Ortopedia Pediátrica, el cual a partir del cuadro clínico del paciente, y de las características del padecimiento actual permita sugerir un tratamiento apropiado; ofreciendo también un conjunto de opciones que permitan el almacenamiento de recetas, historiales clínicos y radiografías. Para el pre-diagnóstico se utilizan las redes neuronales artificiales (RNA), las cuales permiten emular el conocimiento médico requerido para el accionar del sistema.

**Palabras clave:** Ortopedia Pediátrica, Redes Neuronales Artificiales, Procesamiento de Imágenes.

**Abstract .-** This article describes the design and development of a prototype expert system that is capable of giving a pre-diagnosis in the area of Pediatric Orthopedics, which from the clinical picture of patient and disease characteristics present to suggest an appropriate treatment, offering an array of options that allow the storage of prescriptions, medical records and radiographs. For pre-diagnosis using artificial neural networks (ANN), this can emulate the medical knowledge required for operating the system.

**Keywords:** Pediatric Orthopedics, Artificial Neural Networks, Image Processing.

## I. Introducción

Los problemas que busca resolver esta investigación son diversos, pero dadas las necesidades particulares de cada clínica, este sistema de cómputo resuelve los siguientes problemas de logística médica:

1. Reducción de documentación en las clínicas digitalizando los historiales clínicos.
2. Digitalización y almacenamiento de radiografías.
3. Almacenamiento y fácil edición e impresión de recetas.
4. En hospitales generales, tratar de proporcionar los conocimientos de un especialista a un médico general para que éste pueda orientarse en el proceso que seguirían cierto tipo de afecciones y que en ocasiones es desconocido.
5. Respecto al punto anterior, agilizar la atención médica pronta y ofrecer la detección de enfermedades que pueden resultar dañinas sobre todo a los niños y que a veces no pueden ser detectadas por un médico general.

El presente sistema es aplicado a la Ortopedia Pediátrica, el cual a través de su interfaz gráfica y desempeño busca dar solución a los problemas anteriores, ofreciendo un conjunto de opciones que permitan el almacenamiento de recetas, historiales clínicos y radiografías, junto con dos herramientas. Una de ellas, busca mejorar la visión que el médico tiene de las radiografías con una serie de opciones de digitalización de imágenes. La otra herramienta esta destinada a médicos no especialistas en el área de ortopedia pediátrica para ser utilizada como guía, permitiendo al médico saber que procedería en ciertas circunstancias y como asegurarse de tales padecimientos. Todo lo anterior, es llevado a cabo por un sistema experto inteligente a través de redes neuronales artificiales que toma dentro de sus parámetros el conocimiento de expertos en el tema de la ortopedia.

## II. Desarrollo

### Investigación Teórica y de Campo

*Conceptos Básicos de Ortopedia Pediátrica* - El nombre de *ORTOPEDIA* fue creado en 1743 por Nicolás Andry, y etimológicamente proviene del griego: "orthos", que quiere decir derecho y "paidios" que significa niño, basada en las frecuentes deformaciones esqueléticas en los niños debidas a poliomielitis, tuberculosis, alteraciones congénitas y otras. Obviamente, en la actualidad este viejo concepto ha sido ampliado y puede decirse que como especialidad médica el estudio incluye la investigación, preservación, restauración y desarrollo de la forma y función del sistema músculo-esquelético en cualquier edad, por medio de métodos médicos, quirúrgicos y físicos. En general, un médico debe diagnosticar una enfermedad a partir de síntomas que presente un paciente y posteriormente debe dar un tratamiento, por lo que es necesario especificar diferentes conceptos médicos, como: historia clínica (antecedentes personales y familiares, y enfermedad actual), un examen físico completo y exploraciones complementarias (pruebas de laboratorio y de diagnóstico por imagen) [1].

Una enfermedad, es cualquier estado en donde halla un deterioro del organismo humano. Todas las enfermedades implican un debilitamiento del sistema natural de defensa del organismo o de aquellos que regulan el medio interno. Incluso cuando la causa se desconoce, casi siempre se puede diagnosticar una enfermedad en términos de los procesos fisiológicos o mentales que se alteran [1].

*Síntomas*: La comprensión de las enfermedades depende de una descripción clara de los síntomas, los cuales son manifestaciones de los procesos vitales alterados. Pueden variar desde relatos subjetivos de dolor, como cefalea o dolor de espalda, a hechos objetivos, como inflamación o erupción. Los síntomas generales consisten en cambios en la temperatura corporal (como fiebre), fatiga, pérdida o aumento de peso, y dolor o hipersensibilidad de los músculos u órganos internos. Un estudio más profundo puede poner de manifiesto procesos tales como la presencia de microorganismos patógenos, que se detectan mediante el cultivo en medios con nutrientes especiales; fracturas óseas que se descubren a través de la exploración radiológica [1]. Existe una diferencia a considerar entre emitir un diagnóstico diferencial y concluir un diagnóstico. Un diagnóstico diferencial es la primera visión que se tiene de un paciente y se obtiene por medio de discriminar enfermedades dadas las características principales del dolor. Un diagnóstico se da cuando aunado a la conclusión del diagnóstico diferencial se puede tener la razón a través de un conjunto de estudios, como radiografías, estudios de gabinete, etc.

*Tratamiento*: Procedimiento médico comprobado que se le aplica a un paciente para recuperar su salud.

*Redes Neuronales Artificiales* - Las redes neuronales artificiales emulan: la capacidad de memorizar y asociar hechos. Una red neuronal artificial es "un nuevo sistema para el tratamiento de la información cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental del sistema nervioso humano, la neurona" [2].

Una red neuronal artificial es un sistema compuesto de muchos elementos procesadores simples operando en paralelo, cuya función es determinada por la estructura de la red, fuerza en las conexiones y el procesamiento realizado por los elementos computacionales en los nodos [2].

Cada neurona es un procesador elemental con operaciones muy primitivas como la suma ponderada de sus pesos de entrada y la amplificación o umbralización de esta suma. Además, viene caracterizada por su topología, por la intensidad de la conexión entre sus neuronas, por las propiedades de los nodos y por las reglas de actualización de pesos. Las reglas de actualización, también llamadas de aprendizaje, controlan los pesos y/o estados de los elementos procesados [2].

### Módulo de pre-procesamiento y análisis.

Se realizó un análisis de que tipo de información es requerida para el sistema por cada una de las partes de entrada, proceso, almacenamiento y las que se obtendrán de salida, éstas se definieron de acuerdo a las características de los problemas que se establecieron en la introducción y que a continuación se especifican para cada una:

Entradas:

1. Datos generales del paciente: nombre, dirección, etc.
2. Antecedentes patológicos: número de hijo, semanas de gestación, etc.
3. Semiología del dolor.
4. Datos generales del usuario (médico): nombre, cédula profesional, etc.
5. Radiografías.
6. Enfermedades.

Proceso:

1. Consulta de historial clínico.
2. Procesamiento y digitalización de imágenes.
3. Consulta de tratamientos.
4. Elaboración de prediagnósticos.

Almacenamiento:

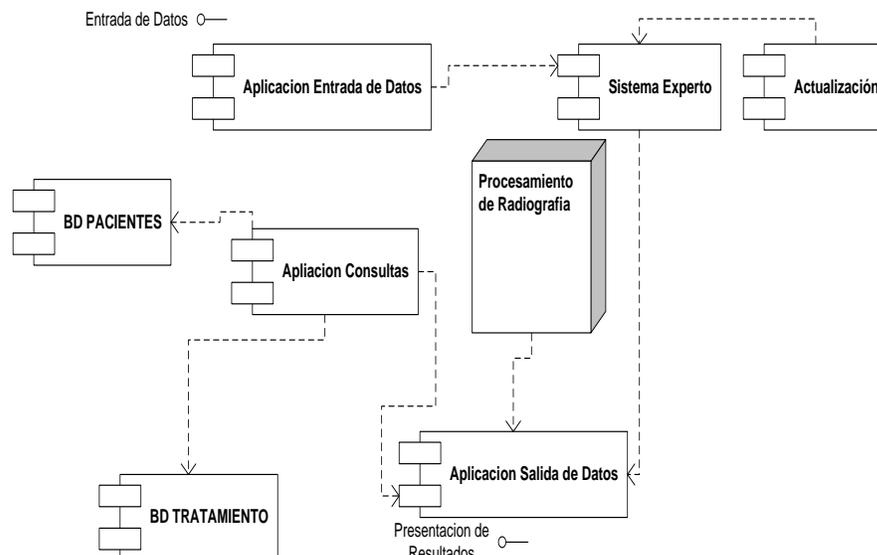
1. Documentación del paciente.
2. Catálogo del paciente.
3. Catálogo de usuarios.

Salidas:

1. Prediagnóstico.
2. Digitalización de Radiografías.
3. Documentación de pacientes.
4. Consultas de tratamientos.

*Diagrama de Componentes* - El sistema cuenta con nueve módulos iniciales. A través del diagrama de componentes (Ver Figura 1) podemos reconocer la estructura general del Sistema Experto Inteligente Aplicado a la Ortopedia.

Los componentes destacables del sistema son las interfaces de entrada y salida de datos, la construcción del sistema experto basado en Ortopedia Pediátrica y una base de datos capaz de almacenar información de los pacientes, sus historias clínicas, recetas, radiografías, registros de usuarios y un almacén de tratamientos allegados a las enfermedades que el sistema considerará para realizar un prediagnóstico. Se cuenta además con una herramienta de apoyo para la digitalización de radiografías.



**Figura 1.** Diagrama de Componentes

### **Módulo de sistema experto inteligente.**

En este módulo se procesa la información conjunta de los antecedentes del paciente junto con la semiología de dolor actual. Para la ejecución de este módulo se utilizaron redes neuronales artificiales. Existe una red neuronal por cada parte del cuerpo que se abarca. Este módulo, tiene como objetivo capturar los síntomas y obtener de la base de datos del paciente los antecedentes necesarios para poder mostrar como salida la o las posibles enfermedades correspondientes al cuadro clínico que se presente. También, presenta el posible tratamiento de esa enfermedad sin dar alguna medicación. Se presenta también una descripción de la enfermedad y una imagen alusiva a la misma. El prediagnóstico se subdivide a su vez en dos módulos: Realización de prediagnóstico y edición de prediagnóstico. Para el caso de la edición de prediagnóstico. El médico, podrá introducir las características de un cuadro clínico y el sistema a través de las redes neuronales será capaz de aprenderlo y reconocerlo posteriormente. Este módulo del sistema ha sido diseñado con la finalidad de permitir el crecimiento de la eficiencia del sistema [2].

Las partes del cuerpo que se abarcan en el sistema son: pie, rodilla, tibia, cadera, columna cerebral, pelvis, hombro, codo, brazo, muñeca, dedos y cuello. El sistema detecta cuarenta y un enfermedades, [1].

Para cada uno de estos conceptos se modela una red neuronal artificial [2]:

*Red Neuronal del pie* - Esta red tiene siete neuronas de entrada y cinco de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim (función escalón) y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entrenaron fueron 28, los cuales se obtuvieron de la matriz de conocimiento médico para el pie. Las cinco salidas son las cinco enfermedades que se decidieron abarcar para el Pie.

*Red Neuronal de la rodilla y la tibia* - Esta Red tiene ocho neuronas de entrada y ocho de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 23, los cuales se obtuvieron de la matriz de conocimiento médico para la rodilla y tibia. Las ochos salidas son las ocho enfermedades que se decidieron abarcar para la rodilla y tibia.

*Red Neuronal de la cadera* - Esta red tiene siete neuronas de entrada y cinco de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 19. Las cinco salidas son las cinco enfermedades que se decidieron abarcar para la cadera.

*Red Neuronal de la columna vertebral y pelvis* - Tiene diez neuronas de entrada y nueve de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 73. Las nueve salidas son las enfermedades que se decidieron abarcar para la columna vertebral y la pelvis.

*Red Neuronal del hombro* - Tiene ocho neuronas de entrada y siete de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 19. Las siete salidas son las enfermedades que se decidieron abarcar para el hombro.

*Red Neuronal del cuello* - Esta Red tiene siete neuronas de entrada y una de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 2. La salida es la enfermedad que se decidió abarcar para el cuello.

*Red Neuronal del codo* - Esta Red tiene siete neuronas de entrada y una de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 6. La salida es la enfermedad que se decidió abarcar para el codo.

*Red Neuronal de la muñeca* - Esta red tiene siete neuronas de entrada y dos de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 28. Las dos salidas son las enfermedades que se decidió abarcar para la muñeca.

*Red Neuronal del brazo* - Esta Red tiene nueve neuronas de entrada y dos de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Las dos salidas son las enfermedades que se decidió abarcar para el brazo.

*Red Neuronal de los Dedos* - Finalmente, esta red tiene siete neuronas de entrada y una de salida. Fue entrenada a través de un perceptrón con función de transferencia del tipo Hardlim y una velocidad de aprendizaje de 0.25. Los patrones con que se entreno son 4 [2].

Las entradas de cada red pueden tomar los siguientes síntomas: Duración del dolor, Tipo de dolor, Medición del dolor, Funcionalidad, Trauma, Neoplasia, Infecciones, Congénitos, Deportista y Edad.

Edición de prediagnóstico

Para la edición del prediagnóstico, se siguen los siguientes pasos:

- a) Se cargan los archivos de pesos, umbrales, patrones base y objetivos (denominados: targets).
- b) Se inicia el entrenamiento probando las salidas de cada patrón y comparándola con su target. Obviamente, cuando se inicia este módulo es porque existe un patrón nuevo (o patrón prueba) que ayudará a que la red aprenda.

### **Módulo de resultados e integración del sistema.**

La ventana principal del sistema se muestra en la Figura 2, en dicha interfaz gráfica se pueden ver las 9 opciones, enlistadas y descritas de manera general a continuación:

*Registro De Usuario.* Esta opción permite dar de alta a nuevos usuarios dentro de una clínica, permitiendo además personalizar las recetas y registrar las consultas que los usuarios realizan.

*Registro De Pacientes.* Permite llevar un control de los pacientes que se han atendido y han sido registrados, así como almacenar los antecedentes patológicos para utilizarse al realizar un prediagnóstico.

*Recetas.* Mediante esta opción el médico realiza la captura e impresión de recetas, las cuales se encontrarán membretadas a su nombre.

*Prediagnóstico.* Este módulo procesará la información conjunta de los antecedentes del paciente junto con la semiología de dolor actual para arrojar como salida un prediagnóstico.

*Anexar Diagnóstico.* Proporciona al médico la opción de controlar los diagnósticos sugeridos para tener acceso a ellos posteriormente con la finalidad de dar continuidad a los casos presentados.

*Herramienta De Radiografías.* Proporcionará al médico algunas operaciones a la imagen digitalizada de la radiografía, en la cual podrá mejorar la imagen y realizar mejoras a la misma.

*Consulta De Tratamiento.* Ofrece apoyo al médico permitiéndole consultar sobre algunos tratamientos relacionados con enfermedades.

*Historia Clínica.* Al elegir esta opción se podrá visualizar la información del paciente capturada en el registro del mismo, así como listados de las radiografías, recetas y diagnósticos anteriores a través de sus fechas de elaboración.

*Salir.* Se termina la ejecución del sistema.

Finalmente, se presentan al usuario mediante la pantalla de la Figura 2.

*Prediagnóstico* - Al abrir esta opción aparece una ventana con dos opciones más las cuales son:

- Realizar Prediagnóstico.
- Editar Prediagnóstico.

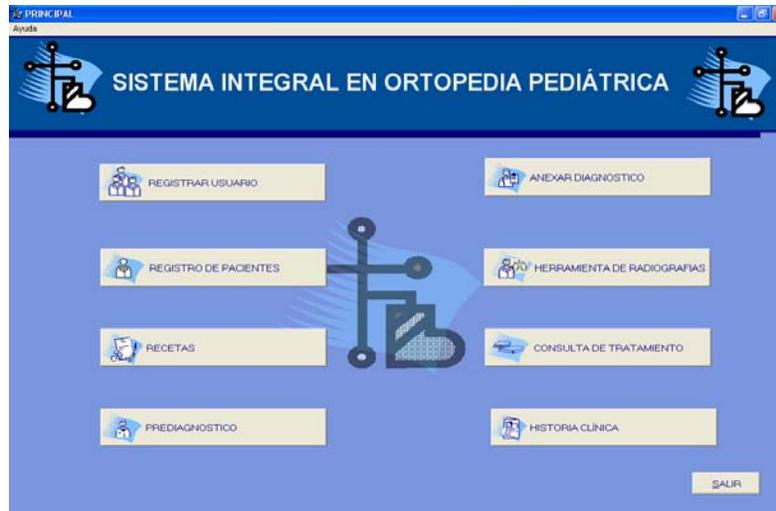


Figura 2. Ventana principal del sistema.

La aplicación de este módulo al ejecutar la opción de Realizar Prediagnóstico se mostrará a través de un caso presentado en la clínica “Sport Medic S. C.”, descrito a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Caso Clínico

Mariana Arteaga Sánchez
Paciente femenino de 8 años de edad, sin antecedentes personales y patológicos de importancia para su padecimiento actual; y el día 18 de Abril de 2004 al ir caminando por la vía pública tropieza y cae de bruces extendiendo ambas manos y brazos para protegerse.
El padecimiento actual lo inicia en el momento mismo de caer con dolor referido a ambos antebrazos en su región distal y de predominio izquierdo, incapacidad para la función de prensión y pulsión con mano y antebrazo izquierdo, inflamación y deformidad de la región.
Radiológicamente se aprecia un trazo de fractura en el brazo.
Para la identificación de la fractura el médico detecto los siguientes síntomas: Duración del dolor: agudo, tipo de dolor: terebrante, medición del dolor: severo, presencia de incapacidad funcional, sin aumento de temperatura en la zona de afección, presenta inflamación en la zona de afección, sin rubor en la zona de afección, no es un dolor mígrate. El reposo mejora, la actividad exagera, No es deportista
El plan a seguir es aplicar una férula de yeso y canalización a hospital de traumatología.

El prediagnóstico en el sistema de la fractura se lleva a cabo de la siguiente manera:  
Se selecciona la opción de realizar prediagnóstico inmediatamente visualizará la ventana de *BUSQUEDA DE PACIENTE* para ubicar al paciente al cual se le hará el prediagnóstico y para lo que es necesario contar con la edad, los antecedentes obstétricos y patológicos del paciente.

En cuanto se selecciona al paciente aparece la ventana de *SEMILOGÍA DEL DOLOR* (ver Figura 3) en la cual se capturan los datos requeridos por el sistema para realizar un prediagnóstico.

Al llenar estos campos con los datos presentados en la Tabla 1 y presionar el *botón de PREDIAGNÓSTICO*, aparece una ventana llamada Resultados Prediagnóstico (ver Figura 4) la cual arroja el(los) resultado(s) obtenido(s) por el sistema, en donde al seleccionar una de las enfermedades arrojadas aparecen la descripción, tratamiento e imagen referente de la enfermedad. En este caso, con los datos introducidos, el sistema arroja como Prediagnóstico una Fractura de Brazo.

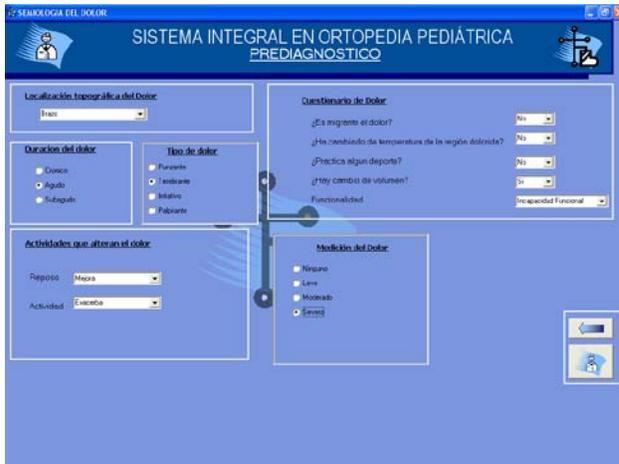


Figura 3. Semiología del Dolor



Figura 4. Resultados Prediagnóstico

Al seleccionar la otra opción presentada en la ventana de *Opciones de prediagnóstico*, aparece una ventana de autenticación de usuario, llamada *Ingreso a editor prediagnóstico*, en la cual por razones de seguridad e integridad de la información se deben de introducir nuevamente los datos del usuario que inicio el sistema o de cualquier otro de los usuarios registrados previamente.

Una vez que ingreso aparece la ventana de Registro de Cuadros, en donde, podrá introducir las características de un cuadro clínico que puedan asociarse a cualquiera de las enfermedades manejadas en el sistema, como lo veremos a continuación a través de un ejemplo; esto es:

Suponga que se quiere asociar el cuadro clínico de la Tabla 2 con la enfermedad de Sever, la cual se presenta en el pie.

Tabla 2. Cuadro Clínico asociado a la Enfermedad de Sever

Cuadro Clínico	
Duración del dolor	Crónico
Tipo de Dolor	Terebrante
Medición del dolor	Moderado
Reposo	Mejora
Actividad	Exacerba
¿Es migrante el dolor?	No
¿Hay cambio en la temperatura en el área dolorida?	Si
¿Hay cambio en el volumen?	Si
¿Practica algún deporte?	No
Funcionalidad	Disminución de la eficiencia
Edad	Niñez
Como antecedente se tiene un trauma	

En primera instancia es necesario ubicar la localización topográfica para poder desplegar las enfermedades a las cuales pueda asociar el cuadro clínico. Una vez que se ha hecho esto, se llenan los demás campos con la información correspondiente como se puede observar en la Figura 5, es importante no dejar ningún campo vacío, ya que si es así el sistema no puede realizar el registro, el único campo que puede ignorar es el de antecedentes, que en algunas enfermedades no es requerido.

Figura 5. Registro de cuadros

Posterior a esto presione el *botón de GUARDAR* con lo cual aparecerá un mensaje de confirmación indicando que el cuadro se almacene de manera exitosa. Presione el *botón OK* del mensaje de confirmación y posteriormente el de regresar en la ventana de registro de cuadros. En caso de que el cuadro no se pueda almacenar el sistema enviará un mensaje, debido a que el cuadro ya se encuentra definido. Para desarrollar el sistema integral de ortopedia pediátrica se utilizó el compilador C++ Builder 5 [3], así como el manejador de base de datos SQL Server.

### III. Resultados e Impacto

El presente prototipo presenta una primera versión de un prototipo de sistema experto en Ortopedia Pediátrica (*Sistema Integral En Ortopedia Pediátrica*), el cual a través de su interfaz gráfica y desempeño da solución a diversos problemas, ofreciendo un conjunto de opciones que permiten el almacenamiento de recetas, historiales clínicos y radiografías, junto con dos herramientas. Una de ellas, busca mejorar la visión del médico de las radiografías con una serie de opciones de digitalización de imágenes, [4], [5]. La otra herramienta, está destinada a médicos no especialistas en el área de ortopedia pediátrica para ser utilizada como guía, permitiendo al médico saber que procedería en ciertas circunstancias y como asegurarse de tales padecimientos.

## IV. Conclusión

Este prototipo ofrece una nueva opción dentro de los sistemas que apoyan a la medicina, además de abarcar un área poco atacada como es la de Ortopedia Pediátrica, ofreciendo el beneficio de una atención médica ágil y oportuna, así como herramientas que le son útiles al médico para ofrecer atención de calidad a los pacientes.

Se concluyó que los modelos de redes neuronales artificiales establecidos en el sistema alcanzan la eficiencia adecuada para realizar un prediagnóstico. Asimismo, por la eficiencia alcanzada por las RNA es posible proporcionarle al médico un módulo de edición de prediagnóstico que le permitirá realizar una actualización del sistema al agregar patrones para identificar las enfermedades definidas dentro del sistema.

Se concluyó que en lo referente al módulo de prediagnóstico se presenta un 89% de funcionamiento adecuado y que en el análisis de radiografía las operaciones de negación, escala de grises y eualización permitirán realizar al médico una mejor visualización de las radiografías y facilitar un mejor diagnostico.

## V. Referencias

- [1] Stahelli, Lynn T.; "Practice of Pediatric Orthopedics"; Lippincott Williams & Wilkins (L W W); paginas 1-437; 2001.
- [2] Hagan, Martin T.; Howard B. Demuth; Mark Beale; "Neural Network Design"; PWS Publishing Company; Capítulo 4; 1996.
- [3] Hollingworth, Jarrod; Dan Butterfield; Bob Swart; Jamie Allsop; "C++ Builder 5: Developer's Guide"; SAMS Publishing; paginas 1-1395; 2001.
- [4] González, Rafael C.; Richard E. Woods; "Tratamiento Digital de Imágenes"; Addison Wesley Iberamericana S. A.; Paginas 1-530; 1996.
- [5] Palacios A. N. I., Luna S. A., Martínez R. I. M.: Tesis, Sistema Integral en Ortopedia Pediátrica (Sio-P), ESCOM-IPN, México D. F., 29 de mayo de 2004.

## VI. Extractos curriculares

**Edmundo René Durán Camarillo** obtuvo la Maestría en Ciencias por el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), México (1994) y es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México (1993). Actualmente, es profesor Investigador Titular en la Escuela Superior de Cómputo del IPN, México, y sus áreas de interés son: Automatización y Control, Inteligencia artificial, Sistemas Neurodifusos, Redes Neuronales Artificiales, y Sistemas Expertos.

**Ignacio Ríos de la Torre** Tiene la Maestría en Investigación de operaciones por la UNAM, México, (1996), es Licenciado en Fisicomatemáticas por la ESFM-IPN (1992) y candidato a grado de maestría en sistemas de producción por el IPN. Actualmente, es profesor investigador y decano de la ESCOM-IPN; sus áreas de interés son: Probabilidad, estadística, inteligencia artificial y redes neuronales artificiales.

**Juan José Torres Manríquez** es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1, Doctor en Ciencias especialidad es Física por la ESFM-IPN, México (2001), Maestro en Ciencias con especialidad en Física por la ESFM-IPN (1996), y es Licenciado en Fisicomatemáticas por la ESFM-IPN (1992). Actualmente, es Profesor Investigador del Departamento de Posgrado de la ESCOM-IPN; sus áreas de interés son: Sistemas Inteligentes, Sistemas Neurodifusos, Redes Neuronales Artificiales y Técnicas de GABOR, así como Física de Partículas Elementales.

# DetECCIÓN DE PATOLOGÍAS MEDIANTE ZONAS SOMATOTÓPICAS MEDIANTE LA SEGMENTACIÓN POLAR DEL IRIS

*Samuel Sánchez Islas, Rodolfo Romero Herrera, Jaime Hugo Puebla Lomas*

Escuela Superior de Computo, IPN

Departamento de Sistemas Electrónicos

UPLM - Zacatenco, Av. Batiz y Mendizábal s/n Col. Lindavista 07738 México, D.F. Tel. 57296000 ext. 52011

[rromero@ipn.mx](mailto:rromero@ipn.mx)

**Resumen .-** El reconocimiento de enfermedades mediante el análisis del Iris por medio de la empleando procesamiento de imágenes o visión por computadora es un tema que se debe aplicar con sumo cuidado para evitar suspicacias en algún pre-diagnostico. Además de requerirse equipo profesional sobre todo en la captura de imágenes. El presente sistema obtiene un análisis que proporcione pautas para reconocer patologías dentro de una imagen del Iris, determinando que tan dañado se encuentra un órgano dentro del paciente analizado, según la Iridología. El sistema propone el empleo de técnicas de procesamiento digital de imágenes, de morfología matemática y de clasificadores. El trabajo es la base para fundamentar el trabajo en computadoras que reconozcan enfermedades de un paciente y que las relacionan con un pre-diagnóstico lo más certero posible. Además proporciona una técnica sencilla para la segmentación del iris que comparado con otros algoritmos proporciona mayor definición de las líneas que segmentan al ojo.

**Palabras clave :** Clasificador, iris, morfología matemática, patrón, procesamiento de imagen.

**Abstract.-** The recognition of disease by analyzing the Iris through using image processing or computer vision is an issue that must be applied carefully to avoid suspicion in a pre-diagnosis. Besides professional team required especially in image capture. This system obtains an analysis that provides guidelines for recognizing conditions within an image Iris, determining that such an organ is damaged in the patient analyzed, according to Iridology. The system proposes the use of techniques of digital image processing, mathematical morphology and classifiers. The work is the basis to support the work computer to recognize a patient's disease and that related to a pre-diagnosis as accurate as possible. It also provides a simple technique for iris segmentation compared with other algorithms that provide greater definition of the lines that segment of the eye.

**Keywords:** Sorter, iris, mathematical morphology, pattern, image processing

## I. INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de patrones para imágenes por medio de la computadora emplea varias disciplinas tales como el procesamiento digital de imágenes, morfología matemática, etc. Lo cual lo hace muy versátil para analizar patologías en diversas aplicaciones.

### La visión por computadora

En el intento por dotar a las máquinas de un sistema de visión aparece el concepto de Visión Artificial. En la mayoría de los sistemas la capacidad sensorial de la visión es complementada con otros mecanismos sensoriales tales como detectores de alcance o proximidad.

Rápidamente los algoritmos alcanzan un nivel de desarrollo en el cual es posible reconocer el contorno del objeto y su posición en la imagen, reconocer patrones es un punto fundamental para el área de la visión por computadora [1]. Un caso especial es el estudio de patologías para el reconocimiento de enfermedades.

## Tratamiento Digital de Imágenes

El tratamiento de imágenes se entiende como un conjunto bien definido y clasificado de reales y operaciones que dejan lista la imagen para una descripción matemática de las regiones que la componen, culminando en el proceso de reconocimiento y cuantificación de las mismas. Las regiones están formadas a su vez por patrones espaciales y espectrales, de tal forma que el reconocimiento de éstos por medio de modelos matemáticos implica la descripción de aquéllas regiones que forman la imagen. En otras palabras, reconocer un patrón requiere primero de su manifestación evidente por medio de un procesamiento bien definido de la imagen, seguido de una descripción cuantitativa de sus propiedades morfológicas y estadísticas.

### Segmentación

Una imagen digital contiene una gran variedad de patrones relacionados directamente con los objetos de la escena, por supuesto habrá patrones que no tengan significado. Para estudiar con mayor facilidad aquellos patrones de interés, es necesario separarlos del resto de la imagen; este proceso puede ser real o virtual.

La segmentación es un paso crítico en el proceso de reconocimiento de patrones. Una equivocación en la segmentación trae consigo errores en tareas de clasificación espectral y en la extracción de rasgos morfológicos incluyendo evaluación de texturas. Un ejemplo típico de segmentación puntual lo constituye el análisis de cúmulos y un ejemplo de segmentación contextual es el crecimiento de regiones.

### Reconocimiento de patrones

El fin último al analizar una imagen digital es el de cuantificar las propiedades morfológicas, espectrales y temporales de los patrones que se encuentran presentes en ésta. El resultado de la cuantificación refleja el contenido de información relativa a la escena o sistema físico bajo estudio y permite modelar su comportamiento.

Para reconocer un objeto es necesario contar con los siguientes elementos: a) las propiedades fundamentales que lo distinguen, b) una etiqueta o nombre asociado y e) la identificación de sus funciones o propósitos; si bien este último punto no es estrictamente necesario. Dichas propiedades deben estar almacenadas en una base de datos donde puedan ser consultadas con facilidad; además, es necesario contar con un modelo matemático para cada una de ellas. A partir de los modelos matemáticos se construyen los algoritmos necesarios con los cuales se inicia una búsqueda en la imagen para identificar el o los grupos de pixels que satisfagan las propiedades seleccionadas. Si el resultado de la búsqueda es positivo, al patrón detectado se le etiqueta o se le asocia como perteneciente al objeto cuyas propiedades fueron previamente identificadas. Este mismo razonamiento se aplica para el reconocimiento de una clase de patrones, sean éstos espaciales o espectrales.

### Morfología Matemática

La Morfología Matemática o simplemente morfología, puede ser definida como una teoría para el análisis de estructuras espaciales. Es llamada morfología porque analiza la forma de los objetos y es matemática, en el sentido de que el análisis está basado en la teoría de conjuntos, la geometría integral y el álgebra de reticulados. La Morfología Matemática no es solo una teoría, sino una poderosa técnica de análisis de imágenes [2].

### Sistema de coordenadas polares

Por medio de un sistema de coordenadas en un plano, es posible localizar cualquier punto del plano. En el sistema rectangular esto se efectúa refiriendo el punto a dos rectas fijas perpendiculares llamadas ejes de coordenadas. En el sistema polar [5], un punto se localiza especificando su posición relativa con respecto a una recta fija y a un punto fijo de esa recta. La recta fija se llama *eje polar*; el punto  $O(r)$  el polo (figura 1).

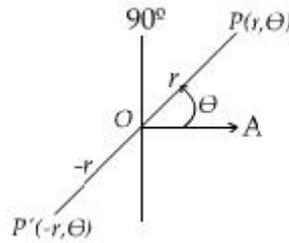


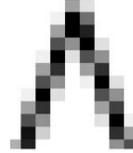
Figura 1. La recta horizontal OA el eje polar y el punto O el polo.

### Dibujar líneas

Aparentemente el triángulo está dibujado con líneas bien definidas (Figura 2 (a)), pero de hecho las líneas están compuestas por un aserie de puntos (pixels), como se puede ver en la figura 2(b).



a) Triangular sin zoom



b) El triángulo está compuesto por una serie de pixeles

Figure 2. Líneas de un triángulo

Si queremos dibujar una líneas entre  $(x1, y1)$  and  $(x2, y2)$ , se hace pixel a pixel [3]. Esto provoca problemas muy fuertes, ya que el iris al ser un órgano muy pequeño se debe tener máximo cuidado al hacer un corte en un imagen.

### La iridio logia

La iridologia es ante todo un método de diagnostico, que consiste en leer en el iris ( la parte de la membrana vascular del globo ocular que da al ojo su color ) los signos de ciertos trastornos o enfermedades del organismo [4].

Los diferentes signos iridianos (anomalías cromáticas , manchas, cavidades y relieves) no son las consecuencias de ciertas enfermedades sino que las preceden, es decir están presentes en el momento del nacimiento y persisten hasta la muerte. Se puede asimilar estos signos iridianos a las huellas genéticas de los puntos débiles del organismo y a predisposiciones a ciertas enfermedades.

Con la iridologia se puede descubrir el órgano a problema antes que la persona se enferme, pues ciertos signos iridianos se manifiestan antes que la enfermedad. La iridología juega un papel de prevención en la terapéutica natural.

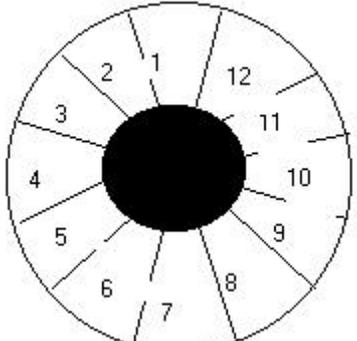
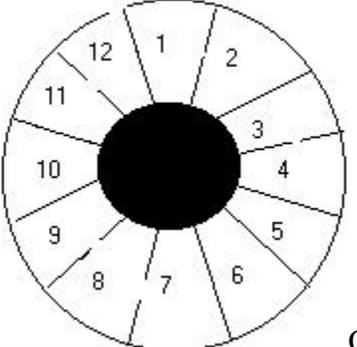
Permite de reconocer y diferenciar los signos presentes en cada iris. La posición ocupada por los signos corresponde a los órganos del cuerpo humano con los cuales tienen relación es clínicas **no demostradas científicamente**. Topográficamente el iris está dividido en 12 sectores radiales (como la esfera de un reloj) y en 6 anillos concéntricos, el lugar que ocupa cada organo varia segun las diferentes escuelas [5].

Los diferentes signos a reconocer son:

- las manchas toxicas -la densidad iridiana
- las manchas residuales -los signos orgánicos
- las coloraciones anormales

El ojo se divide mediante la líneas como lo muestra la tabla 1

Tabla 1. Cartografía Iridiana

 <p>Ojo derecho</p>	<p>1= cerebro, cerebelo, oído                  2= bulbo, hipófisis, laringe, hipolaringe                  3= esófago, tiroides, brazo, hombro                  4= seno, pulmon, bronquios, costillas                  5= estómago                  6= con el 5 hígado, vejiga, colon                  7= apéndice, riñones, glándulas suprarrenales                  8= utero o próstata, ovarios o testículos                  9= vejiga y pelvis                  10= piel y mucosa                  12= linfa y sistema fibroligamentario</p>
 <p>Ojo izquierdo</p>	

## II. RECONOCIMIENTO DE PATRONES UTILIZANDO EL KNN

### Dilatación

La dilatación consiste en obtener la reflexión de B sobre su origen y después cambiar esta reflexión por x. La dilatación de A por B es entonces el conjunto de todos los desplazamientos x tales que B y A se solapen en un elemento distinto de cero. Su representación matemática es:

$$A \oplus B = \{x \mid [(B^{\wedge})_x \cap A] \subseteq A\} \quad (1)$$

Al conjunto B se le conoce como el elemento de estructura de la dilatación, al igual que en otras operaciones morfológicas.

### Erosión

Para los conjuntos A y B de  $Z^2$ , la erosión de A por B, se define como

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \quad (2)$$

que dice que la erosión de A por B es el conjunto de todos los puntos x tales que B, trasladado por x, esta contenido en A.

## Granulación

La morfología matemática ofrece la posibilidad de eliminar o mantener determinados tipos de partículas en una determinada imagen. Así por ejemplo, la operación de cierre tiende a eliminar detalles oscuros de una imagen, así si las partículas son oscuras se podría cerrar la imagen original utilizando elementos estructurales de dimensiones progresivamente mayores. De esta forma cuando las partículas coinciden con la dimensión del elemento estructural, son eliminadas de la imagen, dejando un fondo iluminado en el área ocupada por ellas.

## K-Vecinos más próximos (“K Nearest Neighbor”)

En la estimación de la fdp a través de la ventana de Perzen, el volumen alrededor de los puntos  $x$  se considera fijo ( $h^d$ ), y el número de puntos que caen dentro de ese intervalo  $k_N$  se deja que varíe aleatoriamente de punto a punto. Aquí se invierten los papeles. El número de puntos  $K_N = K$  es fijo y la dimensión del volumen alrededor de  $x$  se ajusta cada vez para incluir  $k$  puntos. Por tanto, en áreas de alta densidad el volumen será pequeño y grande en áreas de baja densidad. También se pueden considerar tipos más generales de regiones, no sólo el hipercubo.

Fase de reconocimiento para  $k = 1$

1. Seleccionar la métrica a utilizar.
2. Sea  $x$  un patrón a clasificar. Calcular la distancia que hay entre este patrón y cada elemento del conjunto fundamental.
3. Obtener la distancia mínima.
4. Asignar a  $x$  la clase del patrón con la que se obtuvo la distancia mínima.

Fase de reconocimiento para  $k > 1$

1. Seleccionar la métrica a utilizar.
2. Sea  $x$  un patrón a clasificar. Calcular la distancia que hay entre este patrón y cada elemento del conjunto fundamental.
3. Ordenar las distancias en orden ascendente.
4. Obtener las  $k$  distancias menores.
5. Usar la regla de majority para asignar la clase.

## La graficación

Debido a las dificultades que se presentan al segmentar una imagen

Para poder trazar la línea se debe variar solamente el radio para dibujar píxel por píxel, ya que la posición del ángulo siempre será el mismo, y se va alterando durante el proceso del dibujo.

El algoritmo para la graficación píxel por píxel es el siguiente:

Para cada píxel representado en la pantalla de la computadora  $(x,y)$ , se asignará un  $(r, \theta)$ , donde  $n$  es cualquier número entero que varía desde un punto de origen Inicial ( $I$ ) hasta un punto Final ( $F$ ), y  $\theta$  es el valor del ángulo polar, con respecto a la horizontal, entre los límites de  $(0,360)$ , para ello se aplican las ecuaciones de paso de coordenadas polares a rectangulares[4].

Se debe de obtener el Punto Inicial ( $I$ ) y el Punto Final ( $F$ ) a partir de las coordenadas  $x,y$ .

$$I = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad (3)$$

Obtener el ángulo  $\theta$ .

$$F = \sqrt{(x_f - x_i)^2 + (y_f - y_i)^2} \quad (4)$$

*Nota:* Si  $X1 = X2$ ;  $\theta = 90^\circ$

Dibujar la línea, incrementando el radio desde el punto inicial ( $I$ ), hasta el punto final ( $F$ ). El valor de  $x$  y  $y$ , deben de ser enteros, así que se debe realizar un redondeo para posteriormente hacer el trazo en la imagen.

$$x = \sum_{n=1}^F r_n \cos \theta \quad (5)$$

$$y = \sum_{n=1}^F r_n \text{sen} \theta \quad (6)$$

#### **Algoritmo de graficación de segmentos de círculos en 2-D**

A diferencia del algoritmo descrito anteriormente, para trazo de líneas en 2-D; en este se hace el trazo de la curva, y lo único que va variando es el ángulo  $\theta$ , mientras que el radio siempre será constante.

El algoritmo para la graficación píxel por píxel de trazo de curvas es el siguiente: Para cada píxel representado en la pantalla de la computadora  $(x,y)$ , se asignará un  $(r, \theta_n)$ , donde  $n$  es cualquier número entero que varía desde un ángulo Inicial ( $I$ ) hasta un ángulo Final ( $F$ ), y  $r$  es el vector polar entre los límites de  $(-\infty, +\infty)$ , y se aplican las ecuaciones de paso de coordenadas polares a rectangulares.

Dibujar píxel por píxel, incrementando el ángulo  $\theta$ , desde el ángulo inicial ( $I$ ), hasta el ángulo final ( $F$ ). El valor de  $x$  y  $y$ , deben de ser enteros, así que se debe realizar un redondeo para posteriormente hacer el trazo en la imagen.

$$x = \sum_{n=1}^F r \cos \theta_n \quad (7)$$

$$y = \sum_{n=1}^F r \text{sen} \theta_n \quad (8)$$

### **III. RESULTADO EXPERIMENTAL**

Para segmentar la “dona” del Iris , es necesario aplicar diversos algoritmos que permitan obtener una imagen parecida a la figura 3, para que se pueda hacer un reconocimiento de los patrones.



Figura 4 Segmentación del iris

Una vez que se ha segmentado el iris, se debe realizar la segmentación de los órganos que se van a analizar durante la etapa de reconocimiento de patrones y llevar a cabo el análisis iridológico[4] de las imágenes extraídas, según el mapa iridológico seleccionado. Para ello se debe aplicar algoritmos de segmentación para extraer el área que se quiere analizar.

Así, cuando se desea obtener el pulmón derecho, por ejemplo, se dibuja dentro de la imagen del iris el área del pulmón para posteriormente segmentar esta zona y generar una nueva imagen con el órgano requerido (Figura 5).



Figura 5. Segmentación del pulmón derecho

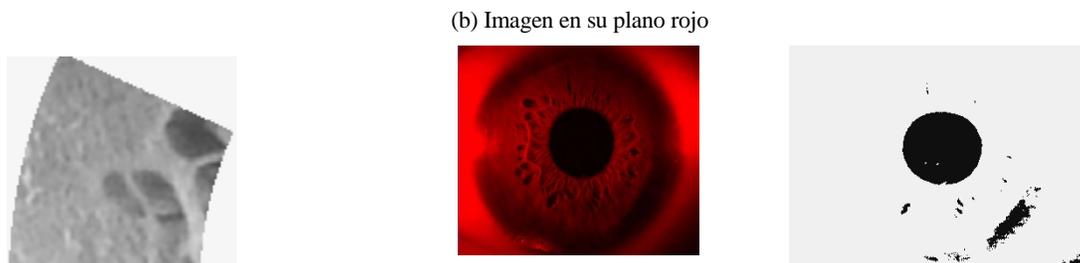
### Reconocimiento de patrones

Una vez que se han segmentado todos los órganos de interés, se entra a la etapa de reconocimiento de patrones. Es en esta etapa donde se llevará a cabo el análisis iridológico[6] según el método de reconocimiento que se llevará a cabo.

Dentro de esta etapa se realizan tres fases de vital importancia, estas son las de clasificación (caracterización de la imagen), aprendizaje y asociación.

El procedimiento a seguir para realizar la caracterización de los patrones iridológicos que se vana analizar se muestra a continuación.

1. Iniciamos el proceso convirtiendo la imagen original del órgano analizado a escala de grises. Figura 6(a).
2. Una vez obtenida la imagen en escala a grises, nuevamente se obtiene el plano rojo de dicha imagen (figura 6(b)).
3. La imagen en el plano rojo se binariza con un valor de umbral de 35 para obtener la imagen en tonos de blanco y negro. La finalidad de la binarización es resaltar las zonas oscuras de la imagen estudiada, ya que éstas son indicativas de posibles lesiones (patrones iridológicos) en el órgano analizado.
4. Aplicar morfología matemática a la imagen binarizada, erosionando la imagen con diversos elementos de estructura (figura 6(c)), y hacer la clasificación con el método del k-NN (k Nearest Neighbor), que consiste en obtener el punto característico más cercano y, definir las características del patrón estudiado.



(a) imagen a escala de grises

(c) Imagen binarizada (umbral de 35)  
Figura 6. Proceso de clasificación

En la fase de aprendizaje, es necesario aplicar el procedimiento anterior a tantas imágenes como sea necesario para llegar a obtener un aprendizaje confiable de los patrones iridológicos[7] que se desea reconocer.

Para llevar a cabo la fase de aprendizaje se debe realizar el procedimiento anterior, sustituyendo el último paso con el objeto de obtener una función de distribución de probabilidad que nos permita avanzar al siguiente paso del reconocimiento de patrones, es decir, la asociación.

Al aplicar este procedimiento con varios elementos de estructura, podemos definir cada patrón que queramos reconocer, así al analizar la imagen de cada órgano, el algoritmo nos dirá el número de veces que este aparece dentro de la misma. A esta técnica de reconocimiento se le denomina Granulometría. Esta técnica nos permitirá definir las posibles lesiones visibles en el iris analizado.

Cuando se utiliza el algoritmo para dibujar líneas con coordenadas polares, podemos ver que las líneas de la imagen son continuas (pixel por pixel). Ver figura 7. Cuando se aumenta la imagen (Figura 8), podemos observar que no se rompe la secuencia de la traza.

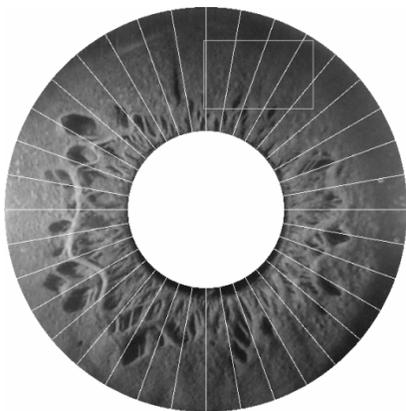


Figura 7. Líneas dibujadas en el iris

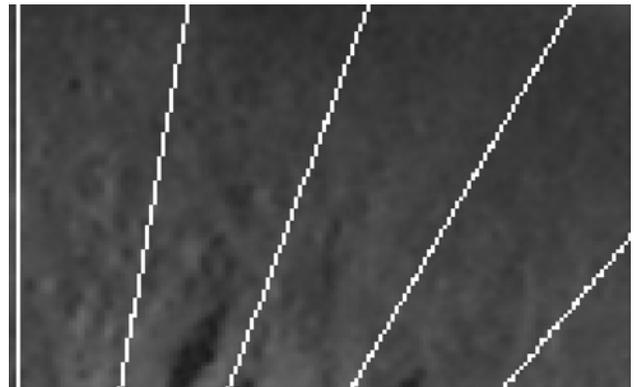


Figure 8. Imagen aumentada

En comparación con el algoritmo de Bresenham [1] [6] [7], cuando se traza las líneas sobre la imagen de Iris (Figura 9), separados cada 10°, podemos observar que hay algunos puntos que son discontinuos.

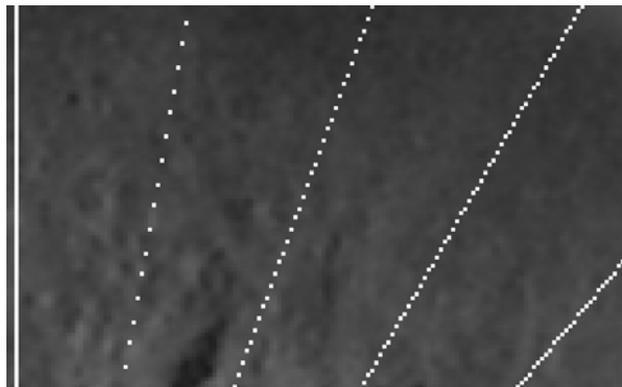


Figure 10. Imagen aumentada

#### IV. CONCLUSIONES

Debido a que la iridología aplica muchos conceptos que se basan en la textura del Iris, en coloración, etc, es muy difícil analizar por medio de una computadora, esto no quiere decir que no se pueda, si no más bien que requiere de un trabajo extenso y laborioso. Por otro lado, es importante destacar que la iridología es una medicina alternativa; por lo que el presente sistema de pre diagnóstico puede auxiliar en la validación de este método de detección de enfermedades.

La segmentación es un paso indispensable para reconocer los patrones de las texturas del Iris, debido que según el tipo de lesión que se encuentre, indica la gravedad con la que se encuentra el órgano. El sistema no hace un diagnóstico definitivo, si no un reconocimiento del daño encontrado dentro del órgano. Se deja al iridólogo o médico evaluar completamente al paciente.

Podemos también concluir que es factible la utilización del método de granulación y la aplicación de la morfología matemática para analizar las formas y textura de la imagen del Iris. Y para la clasificación del mismo, es conveniente utilizar el método del “K-Vecinos más próximos” (K Nearest Neighbor), ya que el procesamiento de la clasificación es rápida y acertada.

Con el análisis y la ejecución del algoritmo de líneas en 2-D basado en la ecuación polar, podemos obtener un mejor resultado en la traza sobre la imagen de Iris que con el algoritmo Bressenham. El algoritmo mostrado en este artículo es una alternativa para la para dibujar líneas en 2-D.

#### V. TRABAJO A FUTURO

El algoritmo se aplicará a diferentes imágenes para evaluar el resultado. Tales como el pre-diagnóstico de enfermedades, posibles afecciones en una persona, etc.

#### REFERENCIAS

- [1]. Jorge Lira Chávez; “Introducción al tratamiento digital de imágenes”; Fondo de Cultura Económica; pp 337-432; 2002.
- [2] Pierre Soille, (1999), “Morphological Image Analysis, Principles and Applications”, SPRINGER-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- [3] Gonzalo Pajares, Jesús M. de la cruz, “Imágenes Digitales”, Alfaomega Ra-Ma, pp 41-57, 2004.
- [4] Entorno Médico, “Iridología”, <http://www.Iridologia.entornomedico.org/introducción.htm>, 25/11/2005.
- [5] Entorno Médico, “Iridología”, <http://www.Iridologia.entornomedico.org/investigación.htm>, , 25/11/2005.
- [6] Li Ma, Tieniu Tan, Yunhong Wang Dexinb Zhang, “Personal Identification Based on Iris Tsture Analysis”, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 25, No. 12, December 2003.
- [7] Gizik, Ariel. (2000), “La Iridología”, Tercer Milenio, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Tsture Analysis”, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 25, No. 12, December 2003.

# Álgebra de procesos aplicada a la especificación formal de sistemas distribuidos

*Jorge Cortés Galicia, Felipe Rolando Menchaca García, Gonzalo Pérez Araiza*

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Cómputo-Centro de Investigación en Computación, Av. Juan de Dios Bátiz s/n Esq. Miguel Othón de Mendizábal, Zacatenco, México  
[jcortes@sagitario.cic.ipn.mx](mailto:jcortes@sagitario.cic.ipn.mx), [fmenchac@ipn.mx](mailto:fmenchac@ipn.mx), [araiza@sagitario.cic.ipn.mx](mailto:araiza@sagitario.cic.ipn.mx)

**Resumen.-** El uso de sistemas distribuidos en la ciencia de la computación se ha extendido a partir del desarrollo de tecnologías basadas en redes de computadoras, tal es el caso del software de base distribuido como de Internet. La especificación de tales sistemas resulta ser indispensable para un adecuado diseño e implantación, es por ello que en este artículo se propone un formalismo aplicable a la especificación de sistemas distribuidos, el álgebra de procesos. Se definen los criterios necesarios para adoptar al álgebra de procesos como un formalismo adecuado para la especificación de dichos sistemas, además se dan las bases necesarias para el desarrollo de una semántica dirigida al desarrollo de especificaciones formales de sistemas distribuidos.

**Abstract.-** Computer science uses distributed systems extensively since development of technologies based in networks. Specification of this kind of systems is very useful to design and implement these systems. This paper presents a formalism based on process algebra to specify distributed systems. We define necessary criteria to adapt process algebra like ad hoc formalism to specify this kind of systems also we show necessary bases to development a semantic oriented to formal specification of distributed systems.

**Palabras clave:** Álgebra de procesos, sistemas distribuidos, especificación formal.

**Keywords:** Process Algebra, distributed systems, formal specification.

## I. Introducción

La construcción de modelos para realizar un análisis sobre el desempeño y eficiencia de sistemas computacionales es un trabajo difícil que requiere inteligencia y experiencia. Debido al constante incremento en tamaño y complejidad de estos sistemas, por ejemplo sistemas inmersos y distribuidos, existe una creciente necesidad para desarrollar métodos útiles para disminuir la complejidad en el modelado de dichos sistemas. El diseño de modelos no solamente produce extensas especificaciones sino que además debido a la intrincada relación que existe entre los múltiples componentes que un sistema puede contener, provoca mantener una estructura altamente irregular que es compleja de entender y controlar. Modelos de especificación tradicionales como las cadenas de Markov y redes encoladas son ampliamente aceptadas como simples pero efectivas técnicas de especificación de sistemas en diferentes áreas, aún considerando que éstas carecen de características para la especificación de sistemas jerárquicos donde la descomposición de un sistema en componentes ha probado su utilidad para modelar sistemas complejos. Sin embargo, la falta de consideración de estas características en las técnicas anteriormente mencionadas obstaculiza la adecuada especificación de sistemas complejos.

Un prominente ejemplo de formalismo para la descripción y análisis de manera jerárquica y composicional, relacionado con el comportamiento funcional de sistemas es el *álgebra de procesos* [1, 2]. El álgebra de procesos ofrece un marco de trabajo matemático bien elaborado para el análisis de la estructura y comportamiento de un sistema de manera composicional, es decir, a través de la descomposición del sistema en componentes. El álgebra de procesos incluye mecanismos de abstracción que permiten el manejo de los componentes de un sistema como cajas negras, encapsulando su estructura interna. Las diversas álgebras de procesos están típicamente integradas por una semántica operacional [3, 4] con una estructura formalmente definida que traduce los términos del álgebra de procesos en *sistemas de transición etiquetados* [5], todo esto con un enfoque composicional. Los sistemas de transición etiquetados consisten de un conjunto de estados y una relación de transición que describe cómo el sistema evoluciona desde un estado hasta otro, estas transiciones son etiquetadas con nombres de acciones que representan las interacciones que pueden causar las transiciones. Tales sistemas de transición pueden ser representados con grafos dirigidos con enlaces etiquetados, donde los estados pueden considerarse como nodos y las transiciones como enlaces (etiquetados con nombres de acciones).

El modelo de transiciones etiquetadas es muy parecido a la tradicional representación de las cadenas de Markov, la cual es realizada a través de sistemas de transición o autómatas, sin embargo la potencialidad del álgebra de procesos supera la sencillez de las cadenas de Markov.

El presente artículo pretende proporcionar una introducción a los conceptos esenciales del álgebra de procesos necesarios para la especificación composicional de sistemas, además presenta la base necesaria para el desarrollo de un álgebra de procesos dirigida a la especificación formal de sistemas distribuidos. El artículo está organizado de la siguiente manera: en el apartado 2 se presentan los conceptos y características del álgebra de procesos; en el apartado 3 se introducen las bases propuestas para el desarrollo de un álgebra de procesos para la especificación de sistemas distribuidos; finalmente en el apartado 4 se proporcionan las conclusiones del presente trabajo.

## II. Álgebra de procesos

En este apartado se introduce un marco de trabajo sencillo del álgebra de procesos que será utilizado a través del artículo, esto con la finalidad de proporcionar un entendimiento intuitivo de los aspectos claves del álgebra de procesos. El término álgebra de procesos es utilizado en diferentes contextos, en primer lugar se considerará la palabra *proceso*. Un proceso se refiere al *comportamiento* de un sistema [6], Un sistema es cualquier cosa mostrando un comportamiento, en particular la ejecución de un sistema computacional, las acciones de una máquina o aún las acciones del comportamiento humano. El comportamiento es la totalidad de los eventos o acciones que un sistema puede desarrollar, el orden en el cual se ejecutan y puede contener otros aspectos de ejecución como tiempos o probabilidades [7, 8]. Siempre se describen algunos aspectos del comportamiento, omitiendo otros aspectos, por lo que se dice que se obtiene una abstracción o idealización del comportamiento real del sistema. Es posible considerar que se tiene una *observación* del comportamiento y una acción importante es la selección de la unidad de observación, normalmente las acciones son discretas: su ocurrencia es en algún momento del tiempo, y diferentes acciones son separadas en el tiempo. Por esta razón es que un proceso algunas veces es llamado también *sistema de eventos discretos*.

La palabra álgebra denota que se considera una aproximación algebraica/axiomática para describir el comportamiento de un sistema, es decir, se utilizan métodos y técnicas del álgebra universal. Como ejemplo de comparación se considera la definición de grupo en el álgebra matemática.

Un grupo se define como la tupla  $(G, *, u, {}^{-1})$  con las siguientes leyes o axiomas:

- a)  $a * (b * c) = (a * b) * c$
- b)  $u * a = a = a * u$
- c)  $a * a^{-1} = a^{-1} * a = u$

De esta manera un grupo es cualquier estructura matemática con operadores que satisfacen los axiomas del grupo, o dicho en otras palabras, un grupo es cualquier modelo de la teoría de ecuaciones de grupos. De igual manera se puede decir que un álgebra de procesos es cualquier estructura matemática que satisface los axiomas dados para los operadores básicos, y un proceso es un elemento del álgebra de procesos. Usando los axiomas es posible entonces realizar cálculos con los procesos.

El más simple modelo de comportamiento es considerar al comportamiento como una función de entrada/salida, así un valor o entrada es dado al inicio del proceso, y algún tiempo después se genera otro valor como salida. Este modelo fue utilizado por la ventaja que proporciona su sencillez en la descripción del comportamiento de un programa de cómputo en ciencias de la computación en la mitad del siglo veinte. Además fue la base en el desarrollo de la teoría de autómatas, en la teoría de autómatas un proceso es modelado como un autómata, un autómata tiene un conjunto de estados y un conjunto de transiciones yendo de un estado a otro. Una transición denota la ejecución de una acción, la cual es la unidad básica del comportamiento. Se cuenta también con un estado inicial (algunas veces puede ser más de uno) y un conjunto de estados final. Un comportamiento es el recorrido desde el estado inicial hasta el estado final. En un autómata la noción de equivalencia se maneja a través de la igualdad de dos autómatas. Un álgebra basada en ecuaciones que permite razonar sobre un autómata es el álgebra de expresiones regulares.

Posteriormente se encontraron carencias en el modelo de entrada/salida, básicamente por su omisión de la noción de *interacción*: durante la ejecución desde un estado inicial hasta el estado final, un sistema puede interactuar con otro sistema. Esto resulta ser una necesidad imprescindible en la descripción de sistemas distribuidos o paralelos, o también conocidos como sistemas reactivos [9]. Cuando se trabaja con sistemas de interacción (sistemas reactivos) se habla del uso de la *teoría de concurrencia*, de esta manera la teoría de concurrencia no es más que la teoría de interacción necesaria en la descripción del comportamiento de sistemas distribuidos y paralelos. Al hablar del álgebra de procesos usualmente se considera como una aproximación de la teoría de concurrencia, así el álgebra de procesos puede especificar adecuadamente el comportamiento de tales sistemas.

De esta forma se puede decir que el álgebra de procesos es el estudio del comportamiento de sistemas paralelos y distribuidos por medios algebraicos, ofreciendo medios para describir o especificar tales sistemas, proporcionando las herramientas para hablar de composición paralela o distribuida. Referente a la composición se pueden mantener dos tipos de composición: composición alternativa (elección) y composición secuencial (secuencia). Con todo esto, es posible analizar estos sistemas utilizando álgebra, es decir utilizando ecuaciones, logrando con ello la posibilidad de realizar *verificación* [10, 11] sobre dichos sistemas, es decir, es posible establecer que un sistema cumpla con cierta propiedad.

Pero surge una pregunta inmediata, ¿cuáles son las leyes básicas del álgebra de procesos?, a continuación se listan las *leyes estructurales o estáticas* del álgebra de procesos. Se inicia dando el conjunto de acciones atómicas y el uso de los operadores básicos para generar procesos más complejos. Como operadores básicos se tienen el operador + el cual denota composición alternativa, el operador ; denota composición secuencial y el operador || denota composición paralela. Normalmente existen también elementos neutrales para algunos o todos los operadores, sin embargo no se consideran en el presente artículo. Algunas leyes básicas son las siguientes (considere que + tiene la precedencia mas bajo y que ; tiene la precedencia más alta):

- a)  $x + y = y + x$  (propiedad conmutativa de la composición alternativa)
- b)  $x + (y + z) = (x + y) + z$  (propiedad asociativa de la composición alternativa)
- c)  $x + x = x$  (propiedad de idempotencia de la composición alternativa)
- d)  $(x + y) ; z = x ; z + y ; z$  (propiedad distributiva de + sobre ;)
- e)  $(x ; y) ; z = x ; (y ; z)$  (propiedad asociativa de la composición secuencial)
- f)  $x || y = y || x$  (propiedad conmutativa de la composición paralela)
- g)  $(x || y) || z = x || (y || z)$  (propiedad asociativa de la composición paralela)

Estas leyes son conocidas como estáticas debido a que no mencionan explícitamente acciones de ejecución sino que únicamente mencionan propiedades generales de los operadores a utilizar.

De esta manera se puede decir que cualquier estructura matemática con tres operaciones binarias que satisfagan estas siete leyes es un álgebra de procesos, las siete leyes listadas anteriormente constituyen el corazón del álgebra de procesos. Frecuentemente las estructuras matemáticas son formuladas en términos de un autómata comúnmente llamadas *sistemas de transición*. Esto significa que un sistema de transición tiene un conjunto de estados y transiciones, un estado inicial y un conjunto de estados finales. La noción de equivalencia es sustentada por la noción de *bisimulación* [12]. El estudio de equivalencias entre sistemas de transición forma también parte del álgebra de procesos

Como resumen hasta este punto se puede decir que: el *álgebra de procesos* es el estudio de teorías de ecuaciones y sus modelos, mientras que el estudio de sistemas de transición, sus estructuras y equivalencias entre ellas es conocido como *teoría de procesos*.

## 2.1 Sistemas de transición etiquetada

Diagramas de estados, autómatas y modelos similares son ampliamente utilizados para describir el comportamiento de sistemas. Éstos consisten de un conjunto de estados  $S$  y representaciones de posibles cambios de estado, la relación entre estados y cambios es dada normalmente a través de una función o relación sobre los estados, es decir, un subconjunto del producto cartesiano  $(S \times S)$ . Intuitivamente un par de estado  $(B, C)$  están en la relación si es posible cambiar del estado  $B$  al estado  $C$  en un paso único, tal relación de transición es comúnmente denotada a través de una flecha  $\rightarrow$ , así que  $(B, C) \in \rightarrow$  puede ser escrita en notación infija como  $B \rightarrow C$ , para representar el posible cambio de estado entre  $B$  y  $C$ .

En el contexto del álgebra de procesos, los sistemas de transición aparecen en una forma específica, a través de sistemas de transición etiquetada. Los sistemas de transición etiquetada forman una clase particular donde los cambios de estados son condicionados a la ocurrencia de acciones pertenecientes a un *conjunto de acciones*, o *alfabeto*,  $A$ . Un cambio de estado entre  $B$  y  $C$  necesita la ocurrencia de una acción relacionada, sin embargo la relación de transición  $\rightarrow$  es un subconjunto de  $S \times A \times S$  en vez de una relación binaria sobre solo  $S$ . Nuevamente será conveniente denotar  $(B, a, C) \in \rightarrow$ , usando un tipo de notación mezclada como  $B \xrightarrow{a} C$ . En esta notación la acción aparece como la etiqueta de la transición, de aquí surge el nombre de sistema de transición etiquetada.

**Definición 1.** Un sistema de transición etiquetada es una tupla  $(S, A, \rightarrow)$ , donde

- $S$  es un conjunto de estados no vacío,
- $A$  es un conjunto de acciones, y
- $\rightarrow \subset S \times A \times S$  es un conjunto de acciones de transición etiquetadas.

Para utilizar un sistema de transición etiquetada como un modelo operacional de sistemas es una práctica común identificar un estado inicial  $B$  en el sistema de transición donde comienza la operación. Un sistema de transición con un estado inicial es llamado un proceso.

**Definición 2.** Un proceso es una tupla  $(S, A, \rightarrow, P)$ , donde  $(S, A, \rightarrow)$  es un sistema de transición etiquetada y  $P \in S$  es el estado inicial.

## 2.2 Procesos básicos

El álgebra de procesos es un medio para especificar procesos y analizarlos, para conseguir este propósito se utiliza un *lenguaje algebraico* basado en *combinadores*, es decir en operadores que combinan procesos para formar otros procesos nuevos. El término de lenguaje algebraico, las *expresiones de comportamiento*, son interpretadas como sistemas de transición etiquetadas con un estado inicial distinguible, es decir, como un proceso de acuerdo a la definición 2. Para lograr esta interpretación se utilizan reglas de semántica operacional estructurada, esta interpretación semántica induce igualdades entre diferentes expresiones de comportamiento dando como resultado un cálculo de ecuaciones para el análisis de procesos.

El lenguaje algebraico se define a través de una gramática con estilo BNF, se asume un conjunto contable de variables  $V$  dado, que es usado para expresar un comportamiento repetitivo. También se asume un conjunto de acciones  $A$ , además con  $a, b, \dots$  como elementos de  $A_\tau$ . Se asume un elemento  $\tau$  representando *acciones internas (ocultas)*, y se denota a  $A_\tau$  como el conjunto de  $A \cup \{\tau\}$ .

**Definición 3.** Sea  $a \in A_\tau$  y  $X \in V$ . Se define el lenguaje  $AP$  como el conjunto de expresiones dado por la siguiente gramática.

$$B = 0 \mid a.B \mid B + B \mid X \mid [X := B]_i$$

$[X := B]$  es una notación para indicar un conjunto finito arbitrario de ecuaciones de la forma  $[X_1 := B_1, X_2 := B_2, \dots, X_n := B_n]$ , con  $X_i \in V$ , y  $B_i$  cumpliendo con la anterior gramática.

Cabe hacer notar que se utilizan  $B, B_1, B_2, \dots$  como expresiones arbitrarias de  $AP$ . El significado intuitivo del lenguaje es el siguiente:

- El símbolo terminal  $0$  denota un comportamiento final.
- La expresión  $a.B$  interactúa sobre una acción  $a$  y posteriormente pasa a la expresión  $B$ . Se puede decir que  $B$  es una ejecución predefinida por  $a$ .
- La expresión  $B_1 + B_2$  combina dos alternativas. Puede seleccionar el comportamiento de la expresión  $B_1$  o el comportamiento de la expresión  $B_2$ . El símbolo terminal  $+$  es llamado operador de selección. La selección entre  $B_1$  y  $B_2$  es llevada a cabo con la interacción con otros procesos en unión con las acciones iniciales tanto de  $B_1$  como de  $B_2$ .
- La expresión  $[X := B]_i$  define un comportamiento en términos del conjunto  $[X := B]$  para la definición de comportamientos recursivos. Su significado es como sigue:  $[X := B]_i$  se comporta como  $B_i$ , donde el comportamiento de las variables de recursión es obtenido con sustitución hacia atrás siempre y cuando el comportamiento de  $X_j$  sea alcanzado, así pues éste es reemplazado por su definición  $[X := B]_j$ .

Las expresiones anteriores están restringidas a que cada ocurrencia de la variable  $X_j$  esta limitada por la definición de una ecuación  $X_j := \dots$ , tales expresiones son conocidas como *expresiones cerradas*. Una expresión  $B \in AP$  es cerrada si cada variable  $X_j \in V$  que aparece en  $B$  solamente aparece dentro del alcance de un conjunto de ecuaciones definidas, es decir, dentro de una expresión  $[ \dots, X_j := \dots, \dots ]_i$ . El conjunto de expresiones cerradas es denotado  $AP_c$ .

La anterior interpretación intuitiva puede formalizarse dando una semántica operacional en términos de sistemas de transición etiquetada. Se define una semántica para expresiones cerradas de  $AP$  trasladando el lenguaje completo  $AP_c$  a un sistema de transición universal. El espacio de estados de este sistema de transición es el conjunto de todas las expresiones cerradas de acuerdo a la definición 3. Una vez que cada  $B \in AP_c$  aparece en algún lugar en el sistema de transición, la semántica correspondiente es determinada por el espacio de estados alcanzable desde esta expresión.

Las primeras reglas de la semántica operacional necesarias están dadas en la tabla 1. Las reglas tienen el formato  $B/C A$ , para expresar que si  $A$  se cumple, entonces  $B$  implica  $C$ , donde  $A, B$ , y  $C$  son declaraciones acerca de la existencia de transiciones etiquetadas de estado. La notación  $B_1\{B_2/X\}$  es usada para representar el resultado de una sustitución simultanea de cada ocurrencia de una variable  $X$  por la expresión  $B_2$  en la expresión  $B_1$ .

**Definición 4.** El sistema de transición universal  $U$  es dado por la tupla  $(AP_c, A, \rightarrow)$ , donde  $\rightarrow \subset AP_c \times A \times AP_c$  es la última relación que satisface las reglas operacionales de la tabla 1.

Esta definición proporciona una semántica para cada elemento de  $B \in AP_c$ , a través del fragmento de  $\rightarrow$  alcanzable desde el estado  $B$  en  $U$ . Para una expresión cerrada  $B$ ,  $R(B)$  denota el conjunto de estados alcanzables desde  $B$  en la relación de transición universal  $U$ :  $R(B) = \{B' \mid (B, B') \in T^*\}$  donde  $T$  es la relación de transición no etiquetada en  $U$ , es decir,  $T = \{(B_1, B_1') \in AP_c \times AP_c \mid \exists a \in A. B_1 \rightarrow B_1'\}$ .

**Tabla 1.** Reglas semánticas operacionales para  $AP_c$ .

$a.B \xrightarrow{a} B$	$B \xrightarrow{a} B' / B + B_1 \xrightarrow{a} B'$	$B_1 \xrightarrow{a} B_1' / B + B_1 \xrightarrow{a} B_1'$	$B_i\{[X := B]/X_i\} \xrightarrow{a} B'\{[X := B]\}_i \xrightarrow{a} B'$
-------------------------	---	---	---

Definición 5. La semántica de una expresión de comportamiento cerrada  $B \in AP_c$  es un proceso  $(S, A, \rightarrow')$ , donde  $S = R(B)$  y  $\rightarrow' = \rightarrow \cap (S x A x S)$ .

Usando esta definición se puede adoptar la convención general de identificar un proceso con su estado inicial. Así, expresiones cerradas son llamadas procesos.

Con esto concluimos los aspectos conceptuales más relevantes del álgebra de procesos necesarios para establecer una base para la creación de un álgebra dirigida a los sistemas distribuidos, en el siguiente apartado se dará una introducción al álgebra de procesos propuesta para dichos sistemas.

### III. Álgebra de procesos para sistemas distribuidos

Uno de los aspectos fundamentales en un álgebra de procesos dirigida a la especificación de sistemas distribuidos es la consideración de dos importantes operaciones: la abstracción y la concurrencia. En la especificación de un sistema distribuido a través de la abstracción, es posible independizar ciertos comportamientos del sistema de su ambiente de ejecución. Por otra parte, es importante considerar la interacción existente entre los distintos componentes en que un sistema distribuido será dividido; a través de la concurrencia se definen las posibles interacciones que se pueden presentar en estos sistemas. Por ello dos de los primeros aspectos a definir en el álgebra de procesos propuesta son los conceptos de abstracción y concurrencia.

#### 3.1 Abstracción

En el álgebra de procesos el concepto de abstracción es proporcionado en términos de un operador, el *operador de abstracción*. La clave de este operador es una acción distinguible, llamada  $\tau$ , que simboliza acciones internas u ocultas, es decir, un cambio de estado que no depende de la sincronización con el ambiente. Las acciones diferentes a  $\tau$  son llamadas *externas u observables*. Para un proceso dado  $A$  y acciones  $a_1, \dots, a_n$  la abstracción es simplemente el renombramiento de las acciones dentro de la acción interna  $\tau$ . El operador de abstracción es denotado como

$$\mathcal{L} a_1 \dots a_n - A$$

Nuevamente se extiende  $AP_c$  con la condición de clausura de que si  $P$  está en  $AP_c$  entonces  $\mathcal{L} a_1 \dots a_n - P$  también lo está. La semántica del operador de abstracción está dada en la tabla 2. Es necesario apuntar que en una composición de concurrencia las acciones internas de un proceso deberán ser completamente independientes unas de otras. De esta manera, la sincronización de acciones internas no está regulada, es decir,  $\tau$  no puede ocurrir en el conjunto  $\{a_1, \dots, a_n\}$  de una composición paralela  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$ .

**Tabla 2.** Reglas semánticas operacionales estructuradas para la abstracción.

$A \xrightarrow{a} A' / \mathcal{L} a_1 \dots a_n - A \xrightarrow{a} \mathcal{L} a_1 \dots a_n - A'$	donde $a \notin \{a_1 \dots a_n\}$
$A \xrightarrow{a} A' / \mathcal{L} a_1 \dots a_n - A \xrightarrow{I} \mathcal{L} a_1 \dots a_n - A'$	donde $a \in \{a_1 \dots a_n\}$

### 3.2 Concurrencia

Asumiendo que el álgebra de procesos básica es suficiente en principio para describir procesos, ésta aún es demasiada limitada para ser útil en términos prácticos. Al momento de especificar y analizar sistemas reactivos frecuentemente será necesario expresarlos (a través de una composición de concurrencia) en diferentes subprocesos, esta situación es evidente en sistemas cuyas propiedades son entendidas de mejor manera si el sistema es descompuesto en un número de componentes más pequeños. Un aspecto importante de la concurrencia es la posibilidad de interactuar entre los componentes de un proceso. Los procesos interactúan para alcanzar una meta global común, lo cual significa que ellos deben de sincronizar sus actividades de alguna manera, por ejemplo, intercambiando datos. Diferentes formas de interacción entre procesos han sido estudiadas en el álgebra de procesos, entre las más características se encuentran interacciones síncronas vs asíncronas y binarias vs múltiples.

En este momento se introduce un operador binario de composición paralela que es diseccionado con el conjunto de acciones que sus procesos tienen para sincronizarse. Todas las acciones restantes, es decir, aquellas que no están en el conjunto del operador de composición paralela, pueden ser realizadas independientemente de los otros procesos. La forma básica de interacción es a través de la sincronización de acciones: la ejecución de una acción sincronizada es una actividad en conjunto de todos los procesos sincronizados.

Si  $A$  y  $B$  son dos procesos, una composición paralela sincronizada es denotada como

$$A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$$

A través de la variación del conjunto de acciones de sincronización, la composición paralela puede ir desde una *sincronización completa*, cuando el conjunto comprende todas las posibles acciones, hasta un *intercalado arbitrario* cuando el conjunto está vacío. La intuición detrás de este operador se resume en las siguientes propiedades informales:

- Un cambio de estado de  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$  es posible si  $A$  puede cambiar a  $A'$  sobre la ocurrencia de una acción  $a$  que no está contenida en  $\{a_1 \dots a_n\}$ . El resultado del cambio de estado es  $A' \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$ , una vez que solo  $A$  ha cambiado de estado.
- Simétricamente, un cambio de estado de  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$  es también posible si  $B$  puede cambiar a  $B'$  sobre la ocurrencia de una acción  $a$  que no está contenida en  $\{a_1 \dots a_n\}$ , resultando en  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B'$ .
- Para interactuar con una acción contenida en  $\{a_1 \dots a_n\}$ , tanto  $A$  y como  $B$  tienen que estar disponibles para ejecutar  $a$  y llegar a los estados  $A'$  y  $B'$ . Si esta condición se encuentra en  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$  puede en un solo cambio de estado llegar a  $A' \parallel a_1 \dots a_n \parallel B'$ .
- Ninguna otra transición es posible para  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$ .

En este punto se ha extendido  $AP_c$  con un nuevo operador a través de estipular que si  $A$  y  $B$  están en  $AP_c$  entonces  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$  también está en  $AP_c$ . Ahora es posible formalizar los anteriores requerimientos como reglas semánticas operacionales para el proceso  $A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$ . Los tres primeros requerimientos son reflejados en las tres reglas de la tabla 3. La última propiedad es automáticamente cumplida por la propia relación de transición, la cual es definida como la última relación que satisface la definición, es decir, la relación no posee transiciones no derivables.

**Tabla 3.** Reglas semánticas operacionales estructuradas para la composición paralela

$A \xrightarrow{a} A' / A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B \xrightarrow{a} A' \parallel a_1 \dots a_n \parallel B$	<i>donde <math>a \notin \{ a_1 \dots a_n \}</math></i>
$B \xrightarrow{a} B' / A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B \xrightarrow{a} A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B'$	<i>donde <math>a \notin \{ a_1 \dots a_n \}</math></i>
$A \xrightarrow{a} A' B \xrightarrow{a} B' / A \parallel a_1 \dots a_n \parallel B \xrightarrow{a} A' \parallel a_1 \dots a_n \parallel B'$	<i>donde <math>a \in \{ a_1 \dots a_n \}</math></i>

#### IV. Conclusiones

En este artículo se ha presentado como la especificación de un sistema distribuido puede realizarse a través del álgebra de procesos, con la cual es posible modelar y analizar tales sistemas con el formalismo requerido. Para hacer esto, se han revisado los principales aspectos de los conceptos básicos sobre los que se sustenta el álgebra de procesos estándar. Se observó cómo los sistemas distribuidos pueden ser interpretados como un sistema de transición que puede ser descrito a través de los medios que proporciona el álgebra de procesos, dando como resultado las bases para un álgebra de procesos para sistemas distribuidos.

El tratamiento de un sistema distribuido a través del álgebra de procesos induce inmediatamente a un marco de trabajo composicional para su representación y análisis, el cual proporciona las bases del álgebra de procesos propuesta en este artículo. Un sistema distribuido puede ser representado como la composición de sistemas más simples, es decir, dividiéndolo en componentes más pequeños.

El álgebra propuesta proporciona un marco de trabajo para la especificación y análisis integral de aspectos tanto de funcionalidad como de desempeño de sistemas distribuidos, el modelo de tales sistemas puede obtenerse a partir de los modelos integrados por abstracción de todas las acciones observables del sistema y a través de la subsecuente simplificación de las abstracciones obtenidas.

#### Referencias

- [1] Plotkin, G.D.: A Structured Approach to Operational Semantics. Reporte técnico DAIMI FM-19. (1981)
- [2] Hoare, C.A.R.: Communicating Sequential Processes. Prentice-Hall. (1985)
- [3] Milner, R.: Calculi for Synchrony and Asynchrony. Theoretical Computer Science, Vol. 25. (1983) pp.269–310
- [4] Milner, R.: A Complete Inference System for a Class of Regular Behaviours. Journal of Computer and System Science, Vol. 28. (1984) pp. 439–466
- [5] Milner, R.: Process constructors and interpretations. IFIP-WG Information Processing. (1986)
- [6] Milner, R.: Communication and Concurrency. Prentice Hall. (1989)
- [7] van Glabbeek, R.J.: The Linear Time – Branching Time Spectrum II: The Semantics of Sequential Systems With Silent Moves. Fourth International Conference on Concurrency Theory (CONCUR '93), Vol. 715. (1993) pp. 66–81
- [8] Hennessy, M., Regan, T.: A process algebra for timed systems. Information and Computation, Vol. 117. (1995) pp. 221–239
- [9] Plateau, B., Atif, K.: Stochastic Automata Network for Modeling Parallel Systems. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 17. (1991)

- [10] Honda, K., Tokoro, K.: On Asynchronous Communication Semantics. Object-Based Concurrent Computing, Vol. 612. (1992) pp. 21–51
- [11] Hermanns, H., Herzog, U., Katoen, J. P.: Process algebra for performance evaluation. Theoretical Computer Science. (2001)
- [12] Bravetti, M., Bernardo, M.: Compositional asymmetric cooperations for process algebras with probabilities, priorities and time. 1st International Workshop on Models for Time Critical Systems, Vol. 39. (2000)

## Extractos curriculares

**Jorge Cortés Galicia** es Candidato a Doctor en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación en Computación del I.P.N., obtuvo su Maestría en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación en Computación del I.P.N., México (2001), y es Ingeniero en Electrónica por la Universidad Autónoma Metropolitana, México (1997). Actualmente es profesor-investigador en la Escuela Superior de Cómputo del I.P.N., México, y sus áreas de interés son: sistemas distribuidos, sistemas paralelos, lenguajes de especificación y sistemas operativos.

**Felipe Rolando Menchaca García** es Doctor en Ingeniería Eléctrica por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N., México, obtuvo su Maestría en Ingeniería Eléctrica por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N., México, y es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del I.P.N., México (1972). Actualmente es profesor-investigador en el Centro de Investigación en Computación del I.P.N., México, y sus áreas de interés son: redes de computadoras, sistemas distribuidos, lenguajes de especificación y sistemas operativos.

**Gonzalo Pérez Araiza** es Candidato a Doctor en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación en Computación del I.P.N., obtuvo su Maestría en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación en Computación del I.P.N., México (2001), y es Licenciado en Informática por el Instituto Tecnológico de Apizaco, México (1995). Actualmente es profesor-investigador en la Escuela Superior de Cómputo del I.P.N., México, y sus áreas de interés son: sistemas distribuidos, sistemas paralelos, lenguajes de especificación y sistemas operativos.

# Monitoreo Inteligente Utilizando Dispositivos Móviles Inalámbricos.

<sup>1</sup>Ernesto Isaac Ramírez Silva, <sup>2</sup>Jesús Yaljá Montiel Pérez

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional – Unidad Profesional Zacatenco; México, D. F. Escuela Superior de Cómputo; [eramirez631@ipn.mx](mailto:eramirez631@ipn.mx); Teléfono: 5729600 extensión: 52011 Fax extensión: 52003; <sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional – Unidad Profesional Zacatenco; México, D. F. Escuela Superior de Cómputo; [yalja@ipn.mx](mailto:yalja@ipn.mx); Teléfono: 5729600 extensión: 52011 Fax extensión: 52003

## Resumen.

Este artículo describe un prototipo de sistema para el monitoreo de objetos mediante cámaras y el control remoto de diversos aparatos electrónicos (puertas automáticas, sistemas de iluminación, computadoras, etc.) a través de Internet utilizando dispositivos móviles inalámbricos como los PDA (Asistentes Personales Digitales; *Personal Digital Assistant*), las computadoras portátiles y los teléfonos celulares.

## Palabras Clave.

Dispositivos Móviles Inalámbricos, Control remoto a través de Internet, Teléfonos celulares, PDA.

## I. Introducción

Actualmente, la mayoría de las personas se encuentra la mayor parte del día en constante movimiento, desplazándose de un lugar a otro, debido a las diversas actividades que tiene que realizar, desde ir a la escuela hasta trabajar. Por esta razón es importante estar comunicados, aquí es en donde la tecnología entra en acción y proporciona una gran variedad de dispositivos portátiles para mantenernos en contacto, como son los celulares, las computadoras portátiles y los PDA (Asistentes Personales Digitales, por sus siglas en inglés), que ofrecen una amplia gama de servicios tales como el envío de mensajes de texto, correo electrónico y navegación en Internet, por nombrar algunos de ellos.

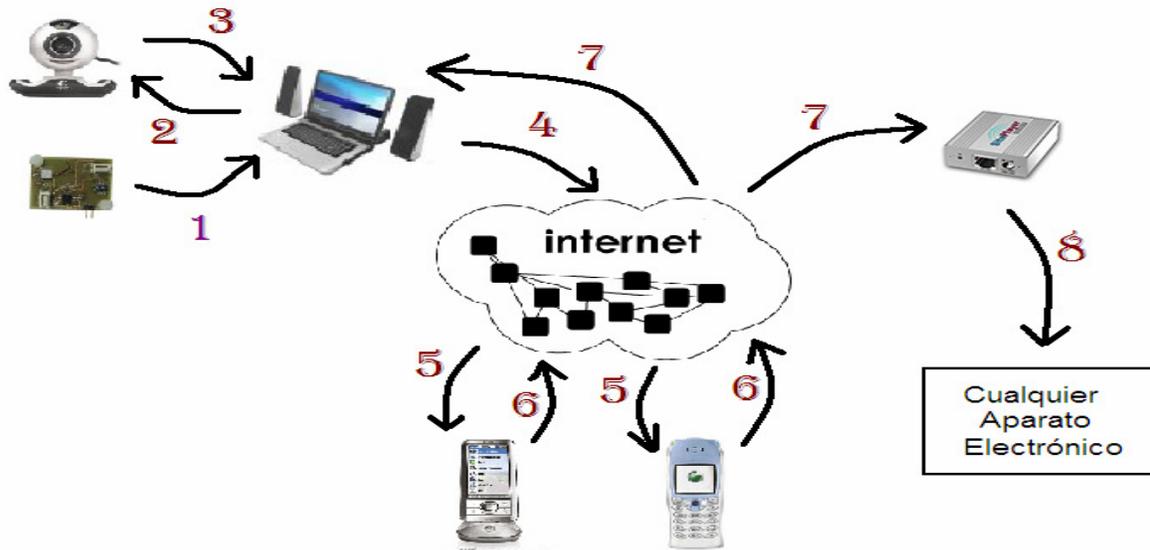
Debido al gran crecimiento que ha tenido en el mercado este tipo de aparatos (medio Billón de teléfonos celulares en 2004 [4], un aumento de 61 % en las ventas de Computadoras Portátiles y mas de 12 millones de PDA en el segundo trimestre de este año [2]), las compañías que los producen han desarrollado tecnologías que permiten que se pueda desarrollar programas para este tipo de dispositivos. Algunas de ellas son de licencia pública, como por ejemplo el *Wireless Toolkit* de Sun Microsystems [1], con lo cual cualquier programador emprendedor puede crear aplicaciones sin necesidad de una inversión en el entorno de desarrollo [3].

Algunas veces es necesario realizar ciertas tareas pero los operadores de los aparatos se encuentran lejos del lugar en donde se necesita hacer el trabajo, sería de gran ayuda poder efectuar algunas cosas tan simples como ver cámaras de seguridad, hasta otras más complejas, por ejemplo establecer una temperatura en alguna habitación, sin necesidad de estar presentes exactamente en el lugar en el que se quieren realizar.

## II. Descripción del problema

Con la finalidad de desarrollar una herramienta que ayude a tener control sobre algún aparato o sistema que se encuentre lejos del lugar en el está ubicado el usuario del mismo, se realizo el diseño de un sistema para ayudar a resolver ciertos problemas.

En la figura 1, se muestra una descripción gráfica del sistema, que a continuación será detallada,



maneja los procesos según la numeración establecida.

**Figura 1.** Diagrama del sistema

**1.-Interfaz de comunicación entre un sensor y la computadora.** El funcionamiento del sistema inicia cuando un sensor conectado a la computadora se activa, el tipo del sensor se deja abierto, ya que puede ser de casi cualquier cosa (presión, movimiento, magnético, infrarrojo, etc.) siempre y cuando nos de una salida digital y pueda ser integrado en un pequeño circuito para tener comunicación con una computadora a través de alguno de sus puertos.

**2.-Activación de la cámara.** Una vez que el sensor es activado, un programa en la computadora ejecutará un proceso en donde se procede a tomar una serie de fotos, con el fin de saber que fue lo que causó que el sensor reaccionara.

**3.-Obtención de imágenes.** Las imágenes que se toman con la cámara son guardadas por el programa en la computadora, se toman 10 fotografías con un intervalo de 1 segundo entre una y otra.

**4.-Envío de imágenes a un servidor en Internet.** Dependiendo del tipo de dispositivo al cual serán enviadas las imágenes capturadas, se realiza una transformación, de manera que se cambie la resolución de la imagen con el fin de que puedan ser vistas de la mejor manera en el dispositivo móvil (ya sea un celular, un PDA o una computadora portátil), después de esto, las imágenes son enviadas a un servidor en Internet.

**5.-Comunicación con los dispositivos móviles inalámbricos.** El servidor recibe las imágenes que envió la computadora remota, y entonces las transmite a los aparatos inalámbricos, estos las pueden observar y en base a ellas pueden tomar alguna decisión, como por ejemplo, seguir tomando más imágenes y ver que es lo que está sucediendo o manipular algún dispositivo remoto.

**6.-Retroalimentación de los dispositivos móviles.** Se puede establecer una comunicación bidireccional, en donde existen opciones como reproducir algún sonido en la computadora, o realizar alguna acción con alguna interfaz de potencia para poder hacer actividades como prender y apagar lámparas o abrir puertas automatizadas; si el usuario lo quiere puede volver a tomar a imágenes para verificar que la acción se haya realizado correctamente.

**7.-Envío de órdenes Locales y remotas.** Una vez que el dispositivo móvil inalámbrico decidió la acción a realizar, esta puede ser enviada a la misma computadora que tiene el sensor y la cámara o a el site player, que es un dispositivo con un sistema de Internet embebido con el cual puede conectarse directamente a la red de redes si necesidad de una computadora, y tiene la capacidad de enviar y recibir datos a través de un puerto serial.

**8.-Control de algún aparato con el Site Player.** El Site Player puede manejar casi cualquier dispositivo que cuente con algún puerto serial, también se puede construir o utilizar un adaptador a otro tipo de puerto. Utiliza el protocolo RS232 y la velocidad de transmisión y recepción puede ser establecida dependiendo de las necesidades del aparato electrónico a controlar.

#### **Restricciones de los dispositivos móviles inalámbricos**

Para poder hacer uso de este sistema, los teléfonos celulares deben de tener la capacidad de utilizar el servicio de Internet, ya sea por GPRS (General Packet Radio Service), o HSCSD(High Speed Circuit Switched Data), o incluso, la tecnología WAP(Wireless Application Protocol). Los PDA deben de contar con conexión a Internet a través del protocolo Wi – Fi o de Bluetooth. Además deben de ser capaces de ver fotografías en el formato JPEG (Joint Photographic Experts Group) en sus pantallas.

Los aparatos que se proponen para ser utilizados en este proyecto, PDA y teléfonos celulares, cuentan con un navegador de Internet, a través del cual pueden acceder a la mayor parte de las funciones que se usan con un navegador de una computadora de escritorio, tienen soporte para las tecnologías de manejo de páginas de Internet dinámicas, como por ejemplo Java Server Pages (JSP), *Hypertext Preprocessor* (PHP), o incluso, la ya casi no utilizada Common Gateway Interface (CGI).

### **III. Desarrollo de las diferentes etapas**

#### **Integración del servidor Web TomCat como un módulo del servidor Web Apache**

Se instaló y puso en funcionamiento el servidor de Aplicaciones de Java TomCat; También se instaló y puso en marcha el Servidor Web Apache; Después de ello se debe de integrar el servidor de Java TomCat como un módulo sobre el servidor Web Apache para obtener lo siguiente:

La ventaja primaria es la flexibilidad. Por ejemplo, si usted quisiera correr apache (y mod\_jk) en un servidor físico pero el TomCat y el JSPs real y servlets en otra maquina, esto es posible. Algunas compañías usan este método para proporcionar un nivel adicional de seguridad, con el servidor del TomCat detrás de otro firewall sólo accesible a través del servidor apache.

Otra ventaja es la estabilidad, si algo ocasionará un error significativo dentro del TomCat, esto causaría que fallara completamente, pero no dejaría que los servicios de Apache fueran inutilizables, sino que sólo afectaría a sus servlets y páginas de JSP.

#### **Manejo del Puerto Paralelo con JAVA**

Para la primera etapa del proyecto, se requirió de la entrada de datos a través del puerto paralelo, en donde se conecto un circuito con el cual se manda la señal de activación de un sensor, en este caso, el sensor que se utiliza es un botón, que cuando se oprime manda la señal a través del puerto paralelo, esta señal es la que inicia el proceso de la captura de imágenes.

El manejo del puerto paralelo no se puede realizar de una forma muy directa a partir de JAVA, para que esto sea posible es necesario que se haga a través de la interfaz de código nativo JNI (Java Native Interface), esto es, se realiza la programación del puerto paralelo en un lenguaje nativo, generalmente C o C++ y a partir de ellos se genera un fichero .c y .h, con ellos se crea una biblioteca de enlace dinámico (fichero .dll – dynamic link library-) de la que se realiza la carga en un programa de java y simplemente se utilizan las funciones contenidas en las librerías; en este caso, utilicé la biblioteca parport.dll creada por un estudiante de Guatemala.

Pero existe un pequeño problema en las computadoras que tienen como sistema operativo el Windows XP, o el NT, no importa su edición o service pack que tenga, y esto consiste en que por seguridad se bloquean los puertos para que no se tenga un agujero en la seguridad, por ello es necesario habilitarlos, para eso se utiliza un pequeño programa denominado UserPort, desarrollado por Tomas Franzon, que lo único que hace es dejar abiertos los puertos para que los podamos utilizar.

Se construyó un cable que nos ayuda a proporcionar los datos de entrada, así como el circuito de un sensor, en este caso se utiliza un botón de pulsos, mediante el cual se adquiere la señal que iniciará el sistema.

### **Utilización del Site Player**

Para la etapa de salida se utiliza un dispositivo llamado Site Player el cual es un pequeño aparato electrónico que tiene la capacidad de conectarse a Internet directamente y puede establecer sesiones con otros dispositivos y computadoras a través del protocolo TCP/IP, ya sea por medio de sockets o datagramas, además puede convertir los datos recibidos al protocolo RS232 que se utiliza con los puertos seriales, con lo cual, se pueden diseñar circuitos electrónicos y realizar la interfaz entre Internet y algún dispositivo utilizando el Site Player.

### **Uso del Circuito Integrado Javelin Stamp**

El Circuito Integrado Javelin Stamp es utilizado para realizar la interfaz entre el dispositivo Site Player y cualquier otro dispositivo electrónico que reciba señales digitales para su activación. Este integrado tiene la característica de que se programa a través de un puerto serial de cualquier computadora y su lenguaje es de muy alto nivel, ya que utiliza un subconjunto de instrucciones del lenguaje de programación JAVA, cuenta con puertos de entrada y salida, así como convertidores analógicos y digitales.

En cuanto a lo que se refiere acerca de la comunicación serial por el protocolo RS232, es necesario utilizar otro circuito integrado que realice la transmisión y recepción, para que pueda controlarse el flujo de datos por medio de hardware, en nuestro caso este integrado es el MAX330

### **Etapa de Salida**

Para la etapa de salida se tienen contempladas 2 formas de emitir los resultados, una de ellas es emitir palabras por medio de una bocina y la otra es la de controlar un robot.

**Emitir palabras por una bocina.**-Para esta opción, se utiliza un sintetizador de voz, en el que a partir de una serie de palabras, analiza la cadena con un compilador y separa las frases por fonemas, después, mediante archivos de sonido, se van almacenando en un buffer y después se reproducen, el sintetizador de voz se llama Eliza y es parte de un Trabajo Terminal anterior desarrollado en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. Se puede reproducir prácticamente cualquier palabra del idioma español, ya que no son palabras pregrabadas, sino se van construyendo en base a las sílabas que las componen.

**Controlar a un robot.**-El robot que se controla es uno llamado P-BOOT, pertenece a un Trabajo Terminal anterior desarrollado en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, este robot trabaja con un solo motor para mover sus cuatro extremidades, está basado en algoritmos desarrollados en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) acerca de movimientos motores de los canes. Está construido con un esqueleto de aluminio y los motores no requieren de mucho voltaje para trabajar, ya que con una alimentación de una batería de 6 volts es suficiente para su funcionamiento.

### **Programación de Dispositivos Móviles**

Ya se tienen algunos programas de prueba sobre los dispositivos móviles inalámbricos, estos se han realizado con el editor de IBM WebSphere Studio Device Developer utilizando el módulo de programación para dispositivos Móviles, que nos genera los archivos que se requieren para probar este programa, estos han sido probados con el emulador provisto por Sun Microsystems en el Wireless Toolkit, directamente sobre una PDA de la marca Palm modelo LifeDrive y en el teléfono celular Z520 de Sony Ericsson.

### **Generación de la Base de Datos**

Se creó un script para generar la base de datos que se encontrará en el servidor, está implementada en MySQL, también ya se tienen capturados en la base de datos algunos usuarios de prueba; además de eso, ya se cuenta con un Servlet y páginas en HTML que permiten hacer pruebas sobre la base de datos, como la consulta de los usuarios que se encuentran registrados y la verificación de contraseñas para tener acceso a algún servicio.

### **Captura de imágenes con la cámara.**

Se tiene desarrollado un programa escrito en Java en el cual se pueden capturar imágenes fijas por medio de cámaras del tipo WebCams que se conectan por los puertos USB a las computadoras. Este es el primer paso en el desarrollo del sistema completo que se encontrará en el lado de la máquina local, ya que después de obtener las imágenes es necesario enviarlas al servidor, que es el que les cambiará el tamaño y las enviará a los dispositivos móviles inalámbricos. La captura de las imágenes inicia al recibir la señal por parte del puerto paralelo de que se ha presionado el botón de activación, esta imagen se guardará con un nombre dependiendo de la hora del sistema en que fue capturada.

### **Conexión del servidor con computadoras locales o el dispositivo Site Player**

En la etapa de transmisión de datos por Internet, las comunicaciones se realizaron por medio de sockets, cuando el servidor recibe una petición acerca de retransmisión de información, una página jsp es ejecutada y se encarga de determinar que es lo que se va a enviar y quien es el destinatario de la información, una vez que esto está definido, la información es enviada a su destino.

## **IV. Trabajos Futuros**

Este prototipo puede ser un pionero de la nueva era de la domótica, ya que últimamente este concepto ha ido ganando terreno en el campo de la tecnología, ¿a quien no le gustaría poder vigilar su casa o negocio y controlar aparatos a distancia sin importar el lugar en que se encuentre siempre y cuando tenga acceso a Internet?

Pensamos que se pueden desarrollar una gran cantidad de proyectos tomando este como base, ya que si se logra establecer la comunicación remota, las aplicaciones que surjan a partir de esto son muy amplias, desde regar las plantas, alimentar a las mascotas, etc. solo estarían limitadas por la imaginación de los próximos desarrolladores.

## V. Conclusión

La Flexibilidad que da el sistema para poder realizar una gran cantidad de tareas de manera remota, es su principal ventaja, ya que ayuda a una gran cantidad de personas que a veces no tienen el tiempo o no pueden llegar al lugar en el que se tiene que realizar el trabajo.

Otra de sus grandes ventajas es que el mismo sistema puede ser utilizado en una gran variedad de dispositivos móviles inalámbricos como los PDA, las computadoras portátiles y los teléfonos celulares, siempre y cuando estos cumplan los requerimientos, lo que proporciona una gran portabilidad gracias a haber sido desarrollado con el lenguaje de programación Java.

## Referencias

- [1] Agustín Froufe Quintas, Patricia Jorge Cárdenas; “J2ME Java 2 Micro Edition, Manual de Usuario y Tutorial”; Editorial Ra-Ma; capítulos 7, 14; 2004
- [2] Infochannel; Año 11 Número 549; Página 52; Agosto 2005
- [3] Maximiliano R. Firtman; “Programación para Celulares con Java”; Editorial Users.Code; capítulos 1-12; 2005
- [4] Communications of the ACM; Volume 48, Number 7; Páginas 33 – 66; July 2005

**Extractos Curriculares Ernesto Isaac Ramírez Silva** (México, D.F., 1983). Ingeniero en Sistemas Computacionales con especialidad en Sistemas por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional (2006). Sus principales áreas de interés son la Computación Ubicua y los dispositivos móviles inalámbricos.

**Jesús Yaljá Montiel Pérez** (México, D.F.). Doctor en Ciencias de Comunicaciones y Electrónica por la SEPI (2006), obtuvo su Maestría en Ciencias en Electrónica y es Ingeniero por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es profesor investigador de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional.

# Instrucciones para los autores

Los artículos que se someten a **RISCE** deben contener resultados inéditos y originales, no haber sido publicados con anterioridad ni haber sido sometidos simultáneamente a otra revista científica. Si el artículo ha sido presentado, sometido o publicado en alguna otra parte, deberá informarse al coordinador editorial. Los artículos deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

- Idioma Inglés (anexar un resumen y palabras clave en español)
- Idioma Español (anexar un resumen y palabras clave en Inglés)
- Procesador de texto admitido: MS-Word.
- Tamaño de página: carta, utilizar un solo lado de la hoja. Máximo 10 páginas.
- Márgenes: izquierdo 2.5 cm y derecho 2 cm., superior 2.5 cm e inferior 2.5 cm.
- Autores: primer nombre seguido de los dos apellidos (sin abreviaturas), abajo: afiliación y e-mail.
- Tipo de letra del texto regular: Times o Times New Roman de 10 pt (título original 22 pt; secciones 11.5 pt, subsecciones 11.5 pt, en negritas).
- Texto: a una columna y con espaciado sencillo (renglón seguido).
- Resumen/Abstract: entre 70 y 150 palabras, colocado al principio del texto, seguido del de Español o inglés según sea el caso.
- Palabras clave/Keywords: colocadas después del resumen en negritas, y no más de 10.
- Imágenes y fotografías: deben ser de alta calidad, con colores bien definidos y contrastantes, en mapa de bits (no sectorizadas) en formato JPG e incrustadas en el texto de forma que se puedan manipular independiente.
- Fórmulas: Deberán de presentarse en formato de tabla sin bordes, centradas y la numeración de c/u justificada a la derecha con negritas en mapa de bits, no vectorizadas.
- Pies de figura. Deben mencionarse dentro del texto y numerarse de manera consecutiva con un tipo de letra Times New Roman 9 puntos
- Cabecera de tabla. Deberá presentarse en la parte superior de la tabla un numeración consecutiva y descripción con tipo de letra Times New Roman 9
- Referencias:

En cualquier caso el nombre del autor del artículo o publicación web deberá mostrarse al principio. Deberán ordenarse conforme aparezcan dentro del texto encerradas entre paréntesis cuadrado —[ ]—. A continuación algunos ejemplos:

- [1]. Baldonado, M., Chang, C.-C.K., Gravano, L., Paepcke, A.: The Stanford Digital Library Metadata Architecture. *Int. J. Digit. Libr.* 1 (1997) 108–121
- [2+]. Bruce, K.B., Cardelli, L., Pierce, B.C.: Comparing Object Encodings. In: Abadi, M., Ito, T. (eds.): *Theoretical Aspects of Computer Software. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1281. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1997) 415–438
- [3]. van Leeuwen, J. (ed.): *Computer Science Today. Recent Trends and Developments. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1000. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1995)
- [4]. Michalewicz, Z.: *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1996)

## Instrucciones para el envío

Envíe el archivo en extenso a la siguiente dirección electrónica:

ebustosf@gmail.com

Los revisores técnicos le harán llegar sus observaciones y modificaciones, las cuales deberá realizar y reenviar el archivo corregido al correo ebustosf@gmail.com.

El comité editorial se comunicará mediante correo electrónico indicándole la aceptación o rechazo del artículo. Se le solicitará autorización para publicación; en caso de aceptar se le indica la cuenta donde debe hacer el depósito por cobro de publicación y el costo el cual no debe exceder de \$1000.00 pesos mexicanos

**Reserva de Derechos 04-2008-062613190500-203**