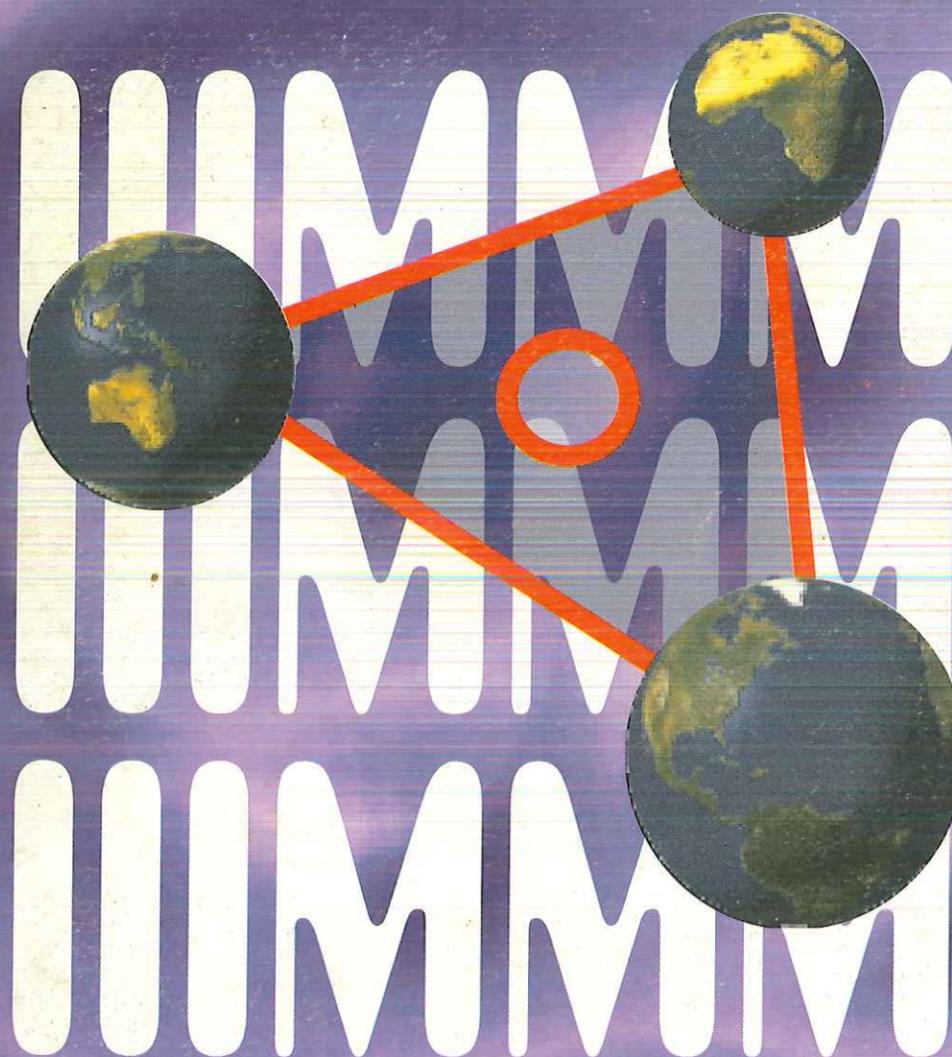


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BUCARAMANGA**
Ingeniería de Sistemas

INFORMACION & TECNOLOGIA

FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS



**LA TEORIA
DE LOS
SISTEMAS**

**REDES
NEURONALES
FEED-FORWARD**

**ARITMETICA Y
PARALELISMO**

**LAS CIENCIAS
BASICAS
UNA DISCULPA
PARA ENSEÑAR
A PENSAR**

**EL FACTOR
HUMANO
EN LA FACULTAD**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
1952

Vol. 1 No. 1 Abril de 1998

**INFORME ESPECIAL:
PROYECTOS
DE GRADO**



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA

MISION

La Universidad Autónoma de Bucaramanga, dado su carácter de institución educativa sin ánimo de lucro, fundamentada en principios liberales y democráticos, tiene como misión prestar servicios a la sociedad a través de la formación personal y académica de ciudadanos en todos los niveles de la educación.

VISION

La Universidad Autónoma de Bucaramanga es una institución educativa privada que se proyecta internacionalmente en el siglo XXI como líder en la formación integral de ciudadanos, profesionales y dirigentes con espíritu emprendedor y comprometidos con su propio desarrollo y el de su país.

FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS

MISION

La Facultad de Ingeniería de Sistemas tiene como misión formar profesionales con niveles de excelencia en el área de los sistemas, con capacidades administrativas y una fundamentación humanística que responda a las necesidades actuales y futuras del medio para enfrentar los retos tecnológicos que la globalización y el cambio permanente conllevan.

VISION

La Facultad de Ingeniería de Sistemas se proyecta nacional e internacionalmente liderando la formación de personas altamente calificadas como tecnólogos, ingenieros y posgraduados en el campo de los sistemas que se distingan por su enfoque humanístico, científico y administrativo, que le permitan comprometerse con los retos que el próximo milenio demanda.

INFORMACION & TECNOLOGIA

FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
1952

Facultad de Ingeniería de Sistemas

Vol. 1 No. 1 Abril 1998
Bucaramanga (Colombia)

Rector
Gabriel Burgos Mantilla

Vicerector Administrativo
Jorge Humberto Galvis C.

Vicerectora Académica
Graciela Moreno Uribe

Decano
Guillermo Rueda Rueda

Director de Investigaciones UNAB
Germán Oliveros Villamizar

Director de Investigaciones Facultad
Juan Carlos García Díaz

Comité Editorial:
Director: Wilson Briceño Pineda

Eduardo Carrillo Zambrano
Javier Hernández Cáceres

Secretaria Académica
Ana Lucía Zabala

Directora de Publicaciones
María Lucila Rueda Neira

Editada por:
Facultad de Ingeniería de Sistemas

Periodicidad
Irregular

El Comité Editorial manifiesta sus más sinceros agradecimientos a los estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, que participaron activamente en la realización de este proyecto, y a las directivas y personal administrativo que contribuyeron con este trabajo.

Igual reconocimiento a los lectores cuyas opiniones serán valiosas para la continuidad y mejoramiento de nuestra revista.

Comentarios y Sugerencias:
e-mail: sistemas@www.unab.edu.co

Contenido

EDITORIAL	5
RESEÑA HISTORICA FACULTAD INGENIERIA DE SISTEMAS	7
GESTION DE LA INFORMACION	11
La Teoría de los Sistemas	15
La relatividad de la Administración y la gestión de la tecnología de información.	18
La dinámica de sistemas en la gestión de tecnología informática.	18
INGENIERIA	
Redes neuronales Feed-Forward	25
Redes neuronales híbridas	30
Computación paralela. Conceptos básicos.	32
Los paradigmas en el desarrollo de software	37
CIENCIA	
Aritmética y paralelismo	45
Cristales fotorrefractivos: Determinación del coeficiente electro-óptico	49
EDUCACION EN INGENIERIA	
Las ciencias básicas: una disculpa para enseñar a pensar.	55
Sobre la evaluación	59
FACULTAD	
El factor humano en la Facultad de Ingeniería de Sistemas	63
Reflexiones sobre el PEI	65
La verdad: Reflexión de un ingeniero	67
INFORME ESPECIAL	
Trabajos de grado de los primeros egresados de la facultad	73
Sistema inteligente de soporte para manejo anestésico	76

Editorial

Hace apenas algunos años muchos de nosotros soñábamos con un año 2000 parecido al descrito en algunas de nuestras novelas preferidas de ciencia ficción, naves espaciales encima de los cielos Colombianos, acceso público a viajes espaciales, marcianos inundando nuestros sanandresitos y demás aspectos relacionados especialmente con cambios sustanciales en las formas de transporte y uso del espacio, debido a que para esta época eran nuestra mayor preocupación.

Pero para sorpresa de todos hemos estado experimentando cambios insospechados, asociados básicamente con el conocimiento. Hace menos de diez años nadie pensaba en las potencialidades que generaría el boom de Internet, nadie tenía la capacidad de soñar con los grandes cambios que en materia de educación, investigación y desarrollo se podían generar.

Tal como lo menciona el Dr. Hernando Gómez Buendía en la Conferencia Nacional Conocimiento Global 97, la revolución del saber es el motor principal de la nueva era, aunque no es fácil medir el conocimiento, podemos efectuar una analogía con el tiempo de vida del hombre. Si la vida del hombre sobre la tierra fuera de una hora, indudablemente el 95% de su saber provendría de los últimos 20 segundos y de los cuales en los últimos 4 segundos de este siglo provendría el 90% del saber.

La revolución del saber cobija diferentes radios de acción desde la perspectiva del Ingeniero de Sistemas en las sociedades modernas, en donde presenta un grado de participación en áreas relacionadas con la electrónica, telecomunicaciones, bases de datos, ingeniería del software, inteligencia artificial, bioingeniería, electromedicina, finanzas computacionales, etc. y que solo mediante la creación de escenarios propicios en donde profesores, investigadores y estudiantes inician un diálogo permanente y tengan la capacidad de aprender, desaprender y reaprender en forma conjunta y colaborativa en lo que se ha denominado la gran aldea global, hará posible el desarrollo de cada una de estas áreas.

Hemos decidido crear esta revista denominada "Tecnología e Información" que tiene como objeto crear uno de estos escenarios que permita contribuir en la formación integral de la persona en las tres dimensiones: ser humano, ser científico y ser profesional definidas dentro del Proyecto Educativo Institucional.

Espero que esta semilla que hoy sembramos germine como un medio de publicación en donde se expresen ideas que nos permitan conocer el trabajo que se desarrolla en las diferentes facultades de sistemas de la Red Mutis, en la Maestría en Ciencias Computacionales, en las facultades de la UNAB y que juntos podamos colaborar en el campo de la computación y los sistemas, en donde aun nos queda un camino muy largo por recorrer.

GUILLERMO RUEDA RUEDA
Decano
Facultad de Ingeniería de Sistemas



RESEÑA HISTORICA FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS

La idea de una Facultad de Ingeniería de Sistemas empieza a gestarse en la Universidad Autónoma de Bucaramanga a partir de un documento de trabajo del 15 de Septiembre de 1989. En el documento "Hacia un plan de desarrollo de la Informática en la Universidad Autónoma de Bucaramanga" después de destacar la importancia de esta disciplina, su vertiginoso desarrollo en los últimos tiempos y su repercusión directa en la definición del perfil profesional en gran número de disciplinas, el citado documento concluye que: Dada la vocación institucional y teniendo en cuenta el entorno empresarial de la región cabe considerar "Que el estudio de la informática se debe materializar en el ofrecimiento de programas de pregrado y posgrado.

El estudio de factibilidad no se hizo esperar y arrojó resultados positivos en cuanto a personas interesadas, recursos suficientes y ante todo demanda de un profesional de sistemas con conocimientos administrativos, propuesta que fue acogida por quienes realizaron los estudios como competencia a llenar por los futuros ingenieros de Sistemas de la UNAB; se adelantaban así a lo que hoy día se considera una de las prioridades en el desempeño de todo profesional de la Ingeniería: El conocimiento en Administración.

El 8 de mayo de 1990 por medio del acta No.173 del consejo Académico de la Universidad, después de escuchar la comisión que evaluó el estudio realizado el cual es considerado "con sólida justificación desde el punto de vista educativo, científico, social y económico; la misión recomienda la creación de esta Facultad; el proyecto es aprobado por unanimidad".

La junta directiva de la corporación en su sesión del 29 de mayo, dice el acta: "Una vez escuchados los planteamientos del señor Rector y conocido el proyecto en toda su dimensión da su aprobación a esta nueva Facultad".

En agosto de 1991 cobra vida la Facultad con un ambicioso programa como respuesta a las demandas del medio.

Noventa estudiantes inician sus estudios bajo la dirección de la Ingeniera Marta Juliana Ardila como decana, quien con un equipo conformado por María Mónica Vargas, Secretaria Académica, Marta Jaimes Conde, Secretaria de la Facultad, Yezid Torres, Eduard Sandoval, Alfredo Díaz y otros docentes orientan los destinos de la Facultad hacia puerto seguro.

En la actualidad, la Facultad cuenta con 533 estudiantes y 60 profesores bajo la dirección del Ingeniero Guillermo Rueda Rueda, quien continúa con la filosofía de que el ingeniero de Sistemas es parte integral



del recurso humano dentro de la empresa y es el eje decisorio en la infraestructura de la misma.

Para esto la facultad busca la formación de un profesional que responda a la necesidades y retos del próximo milenio. Retos como: La globalización de los mercados con la apertura mundial. De ahí que las organizaciones tienden cada día a buscar una forma productiva y eficaz para mejorar los tiempos de producción y disminuir los costos en su producto final. Y de esta forma ser más competitivas en el mercado. Par ello, la Facultad ha realizado cambios sustanciales en su plan de estudios y en los enfoques pedagógicos y administrativos del currículo de la Facultad. Fortaleciendo así, la formación básica del ingeniero de Sistemas de la UNAB.

Dentro de los procesos vividos por la facultad anotamos el de repensar el perfil del ingeniero de Sistemas UNAB, para ello buscando acercamientos entre la empresa de la región y la Facultad.

Sin dejar de lado la formación de un profesional investigador, privilegiando no sólo la investigación cuantitativa sino también la investigación cualitativa. Haciendo énfasis en los procesos de análisis que permiten el establecer relaciones causales, conocer mecanismos, formular teorías y establecer leyes.

De ahí que la facultad haya implementado talleres de investigación a desarrollar durante tres semestres académicos consecutivos; orientados bajo las líneas de investigación de la carrera, en nuestro caso: Inteligencia Artificial aplicada a los negocios; Base de datos relacionales, Gestión de Tecnologías Informáticas, Técnicas Digitales y Telecomunicaciones. Contribuyendo de esta manera al mejoramiento cualitativo de la educación en consonancia con los propósitos del PEI de la Universidad, mediante procesos de investigación, de formación y reflexión crítica. Abriendo así, nuevos espacios para la transformación de la práctica educativa que le permitan al docente y al estudiante apropiarse el sentido investigativo como componente esencial para el ejercicio profesional.

También se ha propiciado la cualificación de los docentes de la facultad como de los estudiantes, por medio de intercambios con empresas de otros países como: Estados Unidos, México, España y Canadá. Y docentes que se encuentran adelantando estudios de doctorado fuera del país.

Desde la Facultad de Ingeniería de Sistemas se generó la creación de importantes centros como el Departamento de Informática y el Laboratorio de Cómputo Especializado. El primero de éstos, ofrece sus servicios a la comunidad universitaria en general, y el Laboratorio de Cómputo es destinado para el uso de estudiantes de maestría, que adelantan proyectos de investigación en forma conjunta con alumnos de pregrado. Durante algún tiempo la Facultad de Ingeniería de Sistemas, se encargó de la administración de la Maestría en Ciencias Computacionales, programa que se adelanta en convenio con el ITESM de México

De igual manera se están llevando a cabo proyectos de investigación que sirven como soporte metodológico a varias facultades como son: Medicina, Psicología organizacional e Ingeniería Financiera entre otras. Conformándose así, grupos interdisciplinarios de investigación que van a permitir una mejor proyección social a la Universidad en beneficio de la comunidad y puede decirse que es la sociedad la que tiene el derecho de marcar las rutas de la investigación para la solución de sus problemas.



GESTION DE LA INFORMACION

LA TEORIA DE LOS SISTEMAS

ING. CARLOS A. HERNANDEZ
Master en Economía P.U.J.
E-mail: chernand@bumanga.unab.edu.co

Génesis

Fue Ludwing von Bertalaffy (1901-1972) quien dio las bases de esta nueva teoría. Las formulaciones de Bertalaffy relacionadas con el concepto de sistema abierto, fueron las primeras en establecer el pensamiento de sistemas como un movimiento científico

importante. Las primeras formulaciones de la teoría de sistemas las desarrolló exhaustivamente en trabajos iniciales, como Teorías modernas del desarrollo (1933), su ensayo Teoría de Sistemas Abiertos en física y Biología (1950). Su obra Teorías modernas del desarrollo, afirmó que las leyes orgánicas, en contraste con las físicas, requieren un nuevo tipo de estadística de orden superior, la cual no tendría solución con las suposiciones de la estadística clásica.¹

En su ensayo La teoría de sistemas abiertos en física y biología, von Bertalaffy estableció la teoría de sistemas como un movimiento científico. Los principales conceptos son los siguientes:

1. El estado característico de los organismos es el de un sistema abierto; es abierto en el sentido que intercambian material con su medio ambiente; mediante las entradas y salidas de materiales se produce cambios de componentes. Las concepciones previas sobre el estado de equilibrio que mantiene el organismo dan lugar a la idea de un estado constante.
2. El concepto de un sistema abierto que se mantiene por sí mismo en un estado constante, repre-

senta una divergencia con los conceptos de la física clásica, que principalmente consideró cerrados.

3. Las matemáticas correspondientes a la descripción del estado constante, pueden desarrollarse basándose en la naturaleza de las reacciones químicas que ocurren dentro del sistema, algunas de las cuales pueden ser reversibles. Las matemáticas correspondientes a la introducción de materiales al sistema, y su empleo para la creación de componentes específicos, algunos de los cuales se conservan en el sistema que otros transportan fuera del mismo.
4. El concepto de equifinidad expresa una importante diferencia entre la mayor parte de los sistemas inanimados (o cerrados) y los sistemas vivos. En un sistema cerrado el estado final se determina con base en sus condiciones iniciales. Un cambio en las condiciones iniciales produce un cambio en las condiciones finales. En los fenómenos vitales el proceso es diferente: bajo diversas condiciones, puede lograrse el mismo estado final a partir de condiciones iniciales diferentes y distintos procedimientos.

Las ecuaciones de los sistemas en estado constante muestran que las condiciones iniciales no aparecen en dicho estado cuyos valores son siempre los mismos sino que están determinados sólo por las constantes de las reacciones y del flujo de entrada y salida.²

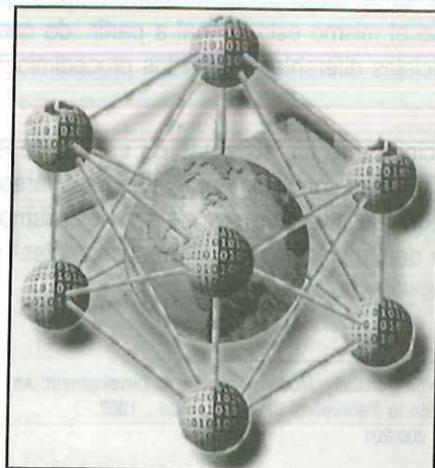
¹ Ludwing von Bertalaffy, Modern Theories of Development: An introduction to theoretical Biology, London, 1952.

² Ibid pags 200-201

Los sistemas cerrados, caracterizados por procesos irreversibles, tienden a un incremento de la entropía positiva (pérdida de energía). Pero en los sistemas abiertos, especialmente en los organismos vivos, se produce tanta energía negativa mediante la introducción de moléculas orgánicas complejas, utilizando su energía y devolviendo al medio los productos más simples.

De esta forma es fácil determinar que los organismos son sistemas abiertos casi estacionarios. Fenómenos tales como metabolismo, irritabilidad y actividades autónomas, pueden comprenderse como el mantenimiento de un estado constante, mientras que el crecimiento, desarrollo, senectud y muerte, representa la aproximación al, y a los cambios lentos del estado constante. De esta manera, aun cuando no se conocen especificaciones del funcionamiento en detalle, mediante métodos estadísticos generales, es posible comprender al sistema como un todo. La afinidad de este tipo de metodología y conceptualización de enfoques administrativos y actuariales a la sociedad es, desde luego, el objeto de la Teoría de sistemas.

En los organismos vivos y en la conducta humana, siempre observamos orden, regularización y automantenimiento, a la vez que cambio continuo, regulación y una aparente teleología. En la conducta humana observamos intencionalidad y búsqueda de metas. La pregunta científica más apremiante consiste en si pueden ampliarse los esquemas conceptuales para tratar estos problemas donde la aplicación de la física se manifiesta insuficiente o no factible de realizar.³



Tomado de la revista SISTEMAS No. 70-71

<<<<<Las matemáticas de las físicas clásicas se manifiestan inadecuadas en relación con los fenómenos biológicos y sociales. La mecánica clásica se refería a relaciones causales simples y unilaterales, y a relaciones entre pocas variables. Las matemáticas de la física clásica están esencialmente concebidas para complejidades no organizadas, pero en la física y la biología moderna, los problemas relacionadas con la interacción de un gran número de variables (aunque no infinito), exigen nuevos instrumentos conceptuales.

La irresolubilidad esencial de complejos problemas matemáticos por métodos analíticos pueden superarse con el advenimiento de las computadoras. Los sistemas que rebasan el alcance de las matemáticas convencionales pueden computarizarse, y los actuales experimentos de laboratorio pueden reemplazarse mediante simulación de computadores. Por consiguiente es necesaria una expansión de la ciencia para referirse a los aspectos que son excluidos por la física clásica y que se relacionan solamente con características específicas de los fenómenos biológicos, de la conducta y sociales; por tanto, deben introducirse nuevos modelos conceptuales.⁴

Del anterior análisis llegamos a la teoría de sistemas, una teoría exacta en el campo de las ciencias no relacionadas con la física, y al mismo tiempo nos acerca a la ambicionada unidad de la ciencia mediante el desarrollo de principios unificadores que recorren verticalmente el universo de las ciencias individuales.

Especificar las constantes del estado de equilibrio de un sistema, puede producir una alteración menor del sistema de ecuaciones, suponiendo que el sistema puede desarrollarse de acuerdo con las series de Taylor.⁵ Esta premisa también hace posible desarrollar una solución general para el sistema de ecuaciones y especificar las raíces de la ecuación. Dependiendo de las propiedades matemáticas de las raíces el sistema puede ser periódico, cíclico, nodal, etc. De este modo von Bertalanffy obtie-

³ General System Theory. A critical review, vol 7 1962.

⁴ General System Theory, pags 20-21.

⁵ Ibid., pag 54.

ne series de curvas sencillas, algunas de crecimiento exponencial. Luego repite y amplía su afirmación de que estos modelos de sistemas pueden aplicarse en una variedad de campos y pueden utilizarse (una vez desarrollado el sistema de ecuaciones) para ilustrar la identidad formal de las leyes de sistemas en diversos campos, o dicho en otros términos para demostrar la existencia de una teoría general de sistemas.⁶

De esta manera von Bertalanffy intenta desarrollar un conjunto de conceptos teóricos basados en una matemática simplificada de sistemas, y basados asimismo en la presunción de su aplicabilidad a varias esferas de la experiencia, sosteniendo que las mismas pueden culminar en una unificación de las ciencias. La creencia en isomorfismos es central en su pensamiento, las mismas leyes encuentran expresiones en campos diferentes y aparentemente no relacionados. Cita nuevamente los mismos ejemplos: el principio de mecánica conocido como acción mínima se encuentra en fisicoquímica como el principio de LeChatelier, en electricidad como la regla de Lenz, en teoría de sistemas servirá como importante dispositivo regulador en la ciencia. Hará posible la transferencia de modelos conceptuales simplificados de un campo a otro y no será ya necesario duplicar o triplicar el descubrimiento del mismo principio en campos diferentes aislados uno del otro. Al mismo tiempo, mediante la formulación de criterios exactos, la teoría general de sistemas impedirá analogías superficiales que son inútiles para la ciencia y dañinas en consecuencias prácticas. Por consiguiente, la teoría general de sistemas será una disciplina que desarrollará y demostrará las leyes que se aplican igualmente en una variedad de campos.⁷

Es de esta forma que el pensamiento sistémico comenzó a dar sus frutos en el ambiente científico.

La teoría de sistemas en las Ciencias Sociales

Toda ciencia social (incluyendo la sociología, economía, ciencia política, psicología, antropología, cultura, lingüística, historia y humanidades) es la ciencia de los sistemas sociales y tendrá que usar el enfoque de la ciencia general de sistemas ya que finalmente, es el sistema mas amplio y extenso desarrollado en la historia de la humanidad.⁸

Las culturas humanas pueden estudiarse desde el punto de vista de la teoría de sistemas; el reino de la naturaleza se encuentra dominado por leyes que nos revela la ciencia.

«Inclusive para los valores humanos, esas misteriosas entidades; se han desarrollado teorías científicas. De hecho, la teoría de la información, la teoría de juegos y la teoría de las decisiones proveyeron modelos para tratar aspectos de la conducta humana y social, en donde las matemáticas de las ciencias clásicas no son aplicables. Trabajos como conflictos, Juegos, debates, presentan detallados análisis de fenómenos como la carrera armamentista, guerra y simulacros de bélicos, competencia en la economía y en otros campos, tratados todos mediante tales novedosos métodos comparativos. Es de particular interés el hecho de que estos intentos se relacionan con aspectos de la conducta humana que se consideran ajenos a la ciencia: valores, decisiones racionales, información, etc. Los métodos de análisis no son fiscalistas o reduccionistas; no aplican las leyes físicas ni utilizan las matemáticas tradicionales de las ciencias naturales, más bien dan origen a nuevas orientaciones, en las matemáticas que intentan comprender fenómenos que se encuentran en el mundo físico.»⁹

Características de los modelos en Teoría de sistemas

Los modelos generados por esta teoría pueden tener múltiples equilibrios y exhibir dependencia a la trayectoria, auto-organización, caos, irreversibilidad en el tiempo y evolución que incrementa los niveles de complejidad y de entropía. No obstante, sus relaciones no lineales pueden causar en sus estructuras activas un cambio en las trayectorias de simulación. En términos de criterios no obstante, los mismos pueden ser clasificados como evolucionarios. Los modelos pueden ser considerados de desarrollo o evolucionarios debido a que la noción de valor real del modelo es el modelado de procesos, mas bien de una manera particular.¹⁰ En otras palabras, el

⁶ Ibid., pag 60.

⁷ Ibid., pags 82-84.

⁸ Ibid., pags 192.

⁹ Ibid., pags200-201

¹⁰ Forrester, Jay W. The model vs a Modelang Process. System Dynamics Revie 1985. pags 1-133.



modelador crea un proceso iterativo de la forma en que se realiza cada una de las percepciones explícitas y entonces prueba si son adecuadas vía simulación, utilizando la perspicacia en el modelamiento. Como resultado, el modelador no considera el modelo como una entidad completa, solo después de un largo tiempo de desarrollo. No obstante, él nota que la perspicacia y las ideas que se generan en la participación de él en el proceso, cambiarían la estructura del modelo acomodándose a ella. Dada esta perspectiva, el modelamiento de procesos puede ser clasificado como revolucionario.¹¹

El concepto de retroalimentación es central para la teoría de sistemas, pues los agentes económicos pueden tomar decisiones para el futuro, de acuerdo al estado actual del sistema. La dinámica de un sistema surge de la interacción de múltiples ciclos de realimentación en su estructura. Estos ciclos pueden ser reforzadores o de control. Reforzadores en el caso de crecimiento de una población o de control, como en los procesos de regulación de inventarios por control en el nivel de producción o en el caso del equilibrio entre oferta y demanda, mediante el cambio en los precios. La estructura de retroalimentación de cualquier sistema, representa la estructura física del sistema, los flujos de información que caracterizan el estado del sistema y las reglas de decisión de los agentes del sistema, incluyendo las reglas de comportamiento que la gente usa para el manejo de sus asuntos. La estructura de cualquier sistema está representada por redes de niveles y flujos. Los niveles caracterizan los estados del sistema, mientras que los flujos representan las tasas de cambio de los niveles. Sturis, por ejemplo, ha creado un modelo de la interacción glucosa insulina que incluye niveles de glucosa, insulina, glucagon, y flujos que representan la síntesis, transporte y metabolismo de esos componentes. El sistema de niveles acumulativos permite integrar las tasas de flujos y determina el estado del mismo en cualquier instante del tiempo. Como resultado, cada nivel representa la historia acumulativa de los flujos y sirve como fuente de inercia y como parte de su memoria.¹²

Los modelos son básicamente modelos desequilibrados. Esto no es asumido en los sistemas económicos que se consideraban siempre en o sobre equilibrio, o que ellos se mueven de un estado de equilibrio al siguiente. Para

modelar dinámicas, incluyendo la evolución y el desarrollo, propiamente, la estabilidad del sistema no debería ser asumida. Por lo tanto, el proceso de decisión de los agentes productivos en el sistema debería ser modelado, incluyendo la manera como la gente percibe y reacciona a los desbalances, como a los retardos en la información y el material, a las obligaciones, a inadecuadas informaciones y efectos colaterales, que se pueden encontrar agregados.¹³

Las reglas de decisión en los sistemas gobiernan las tasas de cambio que alterna los estados del sistema. Las reglas de decisión en modelos de comportamiento humano descansan sobre la teoría de las fronteras racionales. La esencia de la teoría está condensada en el principio de Herbert Simon de fronteras racionales. La capacidad de la mente humana para formular y resolver problemas es muy pequeña comparada con el tamaño del problema cuya solución es requerida objetivamente. El uso de las fronteras racionales en la toma de decisiones significa que los agentes en cada punto de decisión en el sistema se basan en la heurística, para seleccionar de la cantidad de información disponible apuntada, procesada y combinada con tales apuntadores, para la toma de decisiones. Estas decisiones alteran los flujos del modelo, y estos modifican los niveles y proporcionan información aumentada, cerrando así varios ciclos de retroalimentación, percibiendo la decisión tomada y reaccionando a la nueva información. La decisión está basada siempre en factores cognoscitivos racionales.¹⁴

Un buen modelo económico debe ser explicatorio, para simular la raíz de la misma aproximación al objeto en estudio, el comportamiento acertado del sistema, la construcción de la decisión debe ser retratada en él, y no conformarse con los axiomas de la racionalidad económica. Descubrir, representar y probar modelos de construcción de decisiones heurísticas es intrínsecamente una tarea empírica. Un buen modelado de un sistema involucra una observación directa del sistema en estudio, en base a las herramientas estadísticas de estimación tradicionales.¹⁵

¹³ XI Congreso Nacional de estudiantes de Economía.

¹⁴ Ibid.

¹⁵ Ibid.



LA TECNOLOGIA DE INFORMACION: SOPORTE DE LAS TRANSFORMACIONES ADMINISTRATIVAS, ARMA FUNDAMENTAL EN LA RELATIVIDAD DE LA ADMINISTRACION

ING. WILSON BRICEÑO PINEDA
Candidato a Magister en Administración
E-mail: wbriceno@bumanga.unab.edu.co

La evolución constante, acelerada y turbulenta del entorno (clientes, proveedores, competidores, procesos, productos, mercados, trabajadores, etc.) conduce a una situación de constante incertidumbre, por lo que una de las habilidades de las organizaciones actuales, es su capacidad de adaptación a un entorno cambiante» (Tom Peters).

Para nadie es un secreto la constante evolución del entorno que rodea las empresas en la actualidad. Tampoco lo es el que la capacidad de reacción y proyección (proactividad) de las empresas, asegurara o no su permanencia en el mercado. Por esto lo que deseo mostrar en este artículo es la importancia de la administración de las tecnologías de información en el contexto actual, como herramienta en la comprensión y adaptación a los entornos dinámicos que rodean a las organizaciones. Paralelamente deseo llamar la atención del lector hacia el entorno que es Latinoamérica, un entorno realmente volátil, en comparación con Norteamérica, Europa o aun Asia.

La Tecnología y las Organizaciones.

Existen dos fenómenos que deben considerar las organizaciones como elementos que obligan a la empresa a asumir un proceso de cambio continuo en busca de competitividad: los cambios acelerados en tecnología, medicina, economía, comunicaciones, etc. y la internacionalización de las organizaciones como conse-

cuencia de la globalización de los mercados, donde si bien no siempre se puede salir a competir, si existen empresas dispuestas a llegar a nuestros nichos de mercado, recrudesciendo la competencia y obligando a subir los niveles de calidad.

Con este marco las empresas deben entender que sus sistemas informáticos son sistemas de información, es decir que deben superar el nivel de las funciones administrativas y convertirse en fuentes de ventajas competitivas que apoyen a la estrategia de la organización. También han de entender que el concepto de sistema de información debe ser mas amplio y en el se deben involucrar no solamente el software, sino también las comunicaciones y toda la tecnología que las envuelva, por esto hablar de Tecnologías de Información y de su administración, no es un simple juego de palabras, si no una definición que busca dar la magnitud del fenómeno que vivimos y que por su cotidianidad pasa desapercibido. También se pretende con esta definición, mostrar que enfrentar los actuales ambientes de competitividad debe estar basado en la rapidez, seguridad y versatilidad que nos brinden dichas tecnologías.

"Una organización que entienda y aproveche este recurso de manera adecuada, estará en disposición de convertirlo en ingrediente vital de éxito, como elemento estratégico de esencial importancia en la capacidad de la organización para competir". (Ignacio Gil Pechuán).

Existe un elemento más que debe considerarse en las actuales circunstancias: los precios de las Tecnologías de Información son cada día más accesibles a las empresas. Pero este elemento resulta confuso para las mismas, pues aún existe la concepción de que con la simple adquisición de las mismas, se resuelven sus «problemas» de información y comunicaciones. Pero esto no es suficiente; para darle a la empresa un desarrollo basado en Tecnologías de Información, es necesario crear una infraestructura adecuada para que dichas tecnologías tengan la utilidad que se les prevé. Es aquí donde la **Administración de Tecnologías de Información** juega un papel indispensable. Si las tecnologías son relativamente accesibles a la mayoría de las organizaciones, tomarán ventaja competitiva de ellas, quien las sepa administrar.

“Disponer de una capacidad de identificación de nuevas tecnologías de información será necesaria para todas aquellas organizaciones que no deseen perder competitividad, gestionando adecuadamente una relación directa con los clientes, determinando necesidades, jerarquía de valores y todos aquellos elementos que supongan una relación directa con los clientes”
Ignacio Gil Pechuán.

“La supervivencia de las organizaciones, en entornos de competitividad creciente, pasa por una continua reinención de si mismas. Esto solo será posible si sus sistemas de información son capaces de soportar procesos de cambio constante a los que están sometidos”.
David a. Taylor, 1995.

He aquí el reto, poseer una tecnología de información tan flexible que nos permita responder a los cambios que ocurren a nuestro alrededor pero tan sólida que nos brinde la confianza y el respaldo necesario para enfrentar los niveles de competitividad modernos.

Latinoamérica: “Los cortos plazos pueden ser largos, los largos plazos pueden ser cortos”.
Pareciera demasiado evidente hablar de las diferencias

que envuelven a Latinoamérica respecto del resto del mundo. Pero es tan evidente que algunas veces lo olvidamos, especialmente cuando pretendemos aplicar teorías administrativas de autores que poco conocen de un medio como el nuestro.

Nuestros países son realmente especiales en el entorno mundial. Es redundante hablar de la variedad de recursos naturales con que contamos, de nuestra identidad étnica formada de la multiplicidad, de la diversidad geográfica de nuestro territorio, de las transformaciones políticas que vivimos, de las convulsiones económicas que soportamos... Todo esto es solo un ejemplo del país latinoamericano tan singular que nos rodea

En un medio como este, lo relativo es lo realmente imperante, fácilmente podemos acostarnos en un país que al amanecer es otro diferente. Los cambios económicos son tan impredecibles como los fenómenos naturales. Por solo mencionarlo, recordemos a México o a Venezuela como casos recientes y a la mano, de ejemplos de este tipo de cambios.

Si Tom Peters habla de entornos turbulentos al observar



el contexto mundial, que diría y como llamaría a Latinoamérica?

“Los largos plazos pueden ser cortos y los cortos plazos pueden ser largos”. Esta frase del profesor José Ignacio

Hernández Luna, del Instituto Tecnológico de Monterrey, describe nuestra situación. Por esto la administración de empresas de nuestros países, es un punto especial, que requiere de nuestros directores un perfil muy especial con cualidades de liderazgo y dirección que entiendan y manejen este entorno.

Como se vio en la primera parte del artículo el tema de las tecnologías de información y la formalización de su administración se encuentra vigente a nivel mundial. En Latinoamérica estas teorías empiezan a trabajarse de tal manera que algunas Universidades entregan programas en esta área. El Instituto Tecnológico de Monterrey, ofrece uno de los programas banderas: la Maestría en Administración de Tecnología de Información. Pero en general la atención hacia el tema es tímida, y podríamos decir que nuestros países no han visto la magnitud de su importancia. Si podemos entender la relatividad de la administración en América Latina, debemos entender la gran importancia que tienen para nuestros países la tecnolo-

gía de información como herramienta administrativa indispensable. La propuesta es clara: una mayor adaptabilidad, **especialmente de nuestras empresas** al medio, debe ser entendida fundamentalmente en términos de tecnología de información.

Latinoamérica, mas que cualquier otro sitio del mundo, debe entender que las tecnologías de información son la herramienta fundamental para el manejo de las variables de un sistema realmente turbulento.

BIBLIOGRAFIA:

GIL PECHUAN, Ignacio. Sistemas y Tecnologías de la información para la gestión, Editorial Mc Graw Hill.

CORNELLA, Alfons. Los recursos de información, Editorial Mc Graw Hill.

Administración por necesidades. José Ignacio Hernández Luna. Editorial Limusa.

LA DINAMICA DE SISTEMAS EN LA GESTION DE TECNOLOGIA INFORMATICA

ING. LILIA NAYIBE GELVEZ PINTO
E-mail: lgelvez@uis.edu.co

ING. RICARDO SOTAQUIRA GUTIERREZ
E-mail: rsotaqui@bumanga.unab.edu.co

El presente artículo sugiere que la Dinámica de Sistemas, corriente de pensamiento sistémico orientada a la construcción de modelos, es una herramienta muy valiosa en la tarea de Gestión Informática de una organización. Con este propósito, se señalan dos posibles maneras de aplicar la Dinámica de Sistemas en esta área de la Informática. La primera, en la construcción de modelos matemáticos que permitan al gestor informático evaluar diferentes estrategias de desarrollo en Tecnología Informática para la organización. La segunda opción, marca un giro en el papel del gestor informático dentro de la organización, pues lo ubica como un promotor del aprendizaje sobre la función de la TI en la organización mediante micromundos dinámico-sistémicos. De esta manera, se destaca el aporte de la Dinámica de Sistemas en la conducción de procesos de renovación de la mentalidad en una organización.

Introducción

Algunas de las tecnologías gerenciales en boga actualmente, como la Reingeniería de procesos de negocios, proponen replantear el papel que la Tecnología en Informática (TI) ha jugado en las organizaciones. El nuevo rol de la TI conlleva evidentemente una reflexión en torno a la manera como debe realizarse su gestión para que ésta sea consecuente con los nuevos esquemas organizacionales. En este sentido,

el presente artículo intenta realizar una reflexión sobre el papel que ahora debe desempeñar el Gestor Informático de una organización y la manera como la Dinámica de Sistemas puede apoyar su labor.

En primer lugar, es conveniente referirnos en términos generales a la corriente sistémica conocida como Dinámica de Sistemas (DS). La DS (Forrester, 1961; Aracil, 1983) ofrece una metodología útil en el estudio del comportamiento o la dinámica de fenómenos de diversa índole, desde aquellos propios de las Ciencias Naturales hasta aquellos que son objeto de estudio para los científicos sociales y administrativos. Sin embargo, la literatura más profusa sobre aplicaciones dinámico-sistémicas se encuentra en el campo social, y más precisamente en el de los estudios organizacionales apoyados en modelos con DS.

La DS conduce el estudio de cualquier fenómeno hacia la construcción de modelos matemáticos, que puedan soportar simulaciones a través de herramientas software, mediante los cuales se pueda expresar en un lenguaje matemático la estructura causal que rige el comportamiento de dicho fenómeno. Estos modelos asumen el fenómeno como un sistema. Esto significa que el comportamiento del fenómeno no puede ser explicado simplemente como la «suma» de comportamientos individuales de los elementos que lo componen. Es necesario comprender la red de relaciones causa-efecto entre los elementos para poder explicar como una totalidad, esto es como un sistema, el comportamiento propio del fenómeno.

La aplicación de la Dinámica de Sistemas en la Gestión de Tecnología en Informática puede ser realizada al menos de dos maneras diferentes, a cada una de éstas le corresponde cierto enfoque sobre el rol que debe cumplir el Gestor Informático en la organización¹. Las dos alternativas de aplicación son:

1. La construcción de modelos de apoyo a la toma de decisiones sobre Tecnología Informática.
2. La conducción mediante herramientas dinámico-sistémicas de procesos de aprendizaje sobre el papel de la Tecnología Informática en la organización.

A continuación profundizaremos en cada una de estas opciones de empleo de la DS.

Modelos de apoyo a la gestión informática

Para apreciar el aporte que un modelo en DS puede hacer a la toma de decisiones sobre la TI, es necesario que ahondemos inicialmente en la visión sistémica de la organización como fenómeno estudiado por la DS. Señaláramos que desde el enfoque de la DS la organización es un sistema complejo. Su complejidad radica en la intrincada y diversa red de relaciones existentes entre sus elementos constitutivos (personas, procedimientos o reglas, recursos, tecnologías, etc.). Si se modifica alguno de estos elementos por alguna decisión organizacional, la red se encarga de propagar ese cambio y de producir consecuencias colaterales o efectos secundarios. El resultado final es mayor que la modificación inicial y además no se puede predecir. En suma, esta red de causas y efectos es responsable del comportamiento de la organización como sistema.

De lo anterior se deriva que no cualquier tipo de modelo matemático sobre la organización puede ser un apoyo confiable a la toma de decisiones. Para serlo, el modelo debe contemplar o representar esa estructura o red causal que rige la dinámica organizacional. Esto es aún más cierto si la modificación inicial hecha al sistema es precisamente la aplicación de alguna TI en la organización, en ese caso el comportamiento del sistema es aún más complejo de predecir. Los modelos construidos con DS precisamente tienen en consideración esa composi-

ción causal que determina el comportamiento del sistema organizacional. De esta manera los modelos dinámico-sistémicos permiten explorar las consecuencias que una decisión puede tener sobre el sistema, sobre la organización.

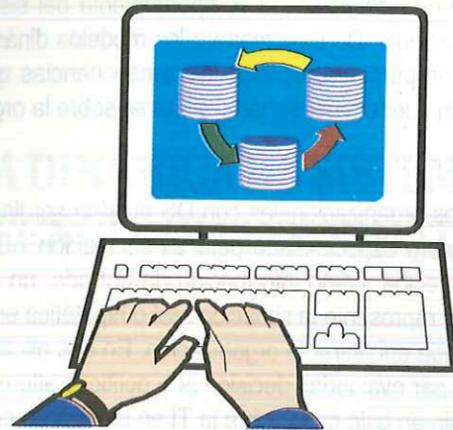
Los modelos organizacionales con DS pueden ser llevados a software especializado para su simulación². Una simulación recibe, como información de entrada, un escenario que represente la situación real o hipotética en la cual se pueda encontrar la organización. En ese escenario pueden ser evaluadas decisiones o políticas alternativas a seguir, en este caso sobre la TI en la organización. La comparación entre los comportamientos generados por el modelo organizacional ante diferentes políticas facilitan al gestor en informática su toma de decisiones. Una experiencia similar de los autores en el campo de las políticas de salud refuerza esta aseveración (Gélvez, Andrade y Muskus, 1994).

Para apoyar la toma de decisiones en Gestión Informática, los modelos organizacionales con DS deben principalmente representar la influencia que tiene la TI en las diferentes actividades de la organización, para ello sugerimos recurrir a la definición de factores críticos de éxito (Rockart, 1979) para los diferentes procesos organizacionales. Estos factores se definen a través de indicadores de desempeño sobre las diferentes actividades en la organización. El modelo podría relacionar como la TI incide en el logro de valores altos en los indicadores de desempeño.

Veamos ahora como el cambio en la manera de tomar decisiones, debido a la transformación organizacional propuesta por las tecnologías gerenciales contemporáneas, se refleja en un nuevo rol del gestor informático y con ello en una segunda alternativa de aplicación de la DS en la Gestión Informática.

¹ Estas dos posibilidades corresponden en términos más generales a dos estilos de praxis de la DS en asuntos organizacionales como se expone en el artículo «Hacia un mirar Latinoamericano de la aplicación de la Dinámica de Sistemas en estudios organizacionales» (Sotaquirá, Cabrera y Gélvez, 1997).

² En Colombia existe un software denominado Evolución que ofrece esa posibilidad de simulación (Sotaquirá, Gélvez, Muskus y Díaz, 1994 y Ardila y Durán, 1995).



La transformación en el campo de toma de decisiones

La toma de decisiones para cualquier gerente, incluso el informático, se sucede en una situación de incertidumbre o de juego, como lo calificaría la teoría de decisión. En el caso que estamos considerando, el oponente de quien toma la decisión es el sistema, es la organización, por cuanto el gerente desconoce cual será la reacción de ésta. Los modelos con DS le permiten al gerente atenuar esa incertidumbre sobre la reacción de su oponente, en razón a que le ofrecen indicios, tendencias, sobre el comportamiento futuro de la organización como respuesta a las decisiones o políticas tecnológicas que se tomen.

En modelos organizacionales participativos como el de la organización inteligente (Senge, 1990), la toma de decisiones sobre TI deja de ser centralizada y de estar ubicada en los niveles más altos de la jerarquía organizacional. En cambio de ello, la toma de decisiones se distribuye y con ella el papel del gestor informático cambia radicalmente. El gestor informático adquiere un rol que tiene que ver fundamentalmente con el apoyo a los demás miembros de la organización para que tengan la capacidad suficiente de participar en esa tarea colectiva de toma de decisiones respecto de la TI (Sotaquirá, Gélvez, Serrano y Durán, 1995). El gestor informático ahora debe impulsar en su organización el aprendizaje sobre los usos y los efectos de la TI en las distintas actividades organizacionales. Con esta nueva misión del gestor informático desaparece uno de los principales efectos indeseables de la toma de decisiones centralizada, como

es la dificultad inmensa de conocer todas las consecuencias posibles o de considerar todos los factores que inciden en el aprovechamiento de la TI en su organización, lo cual llevaba al gestor informático a tomar decisiones incorrectas o a tener reacciones negativas hacia la TI.

Según un estudio de Nutt (1993) la táctica más exitosa para la toma de decisiones estratégicas, como es el caso de las decisiones sobre TI, es el cambio de mentalidad organizacional o «Reframing». Este tipo de táctica coincide con la propuesta de aplicar la DS para conducir un proceso de aprendizaje sobre el papel de la TI en la organización. Dicha propuesta se describe en la siguiente sección.

La Gestión Informática en la organización inteligente

En esta segunda alternativa de aplicación de la DS, el gestor informático es el constructor de ambientes a través de los cuales se sucede un aprendizaje organizacional sobre TI. Estos ambientes de aprendizaje consisten fundamentalmente en modelos en DS implementados en una plataforma software que permite la experimentación simulada ofreciendo buenas facilidades de uso. Estos modelos encapsulados en el software de experimentación se conocen como Micromundos (Senge, 1990; 1995) por cuanto son representaciones simplificadas del «mundo real» de la organización.

Los micromundos, basados en los modelos mencionados en la sección precedente, le dan la posibilidad al gestor informático de diseñar experiencias de aprendizaje. Experiencias en las cuales participan otros miembros de la organización quienes usan los micromundos para explorar las consecuencias de sus decisiones y de sus posiciones respecto a la TI en la organización. Esta experimentación genera un aprendizaje en doble sentido. En primer lugar, la persona que usa el micromundo, define como políticas o decisiones iniciales a probar con éste, aquellas que actualmente toma como adecuadas. De esta manera la persona hace explícitos los modelos mentales actuales que guían sus decisiones y su interpretación sobre el papel de la TI. Y en segundo lugar, la evaluación que hace de los efectos que sobre la organización están teniendo sus decisiones, gracias al comportamiento que puede observar en el micromundo, le



llevan en ocasiones a asumir nuevos modelos mentales sobre la TI, más adecuados para el beneficio organizacional.

Es por ello que el proceso de aprendizaje organizacional con DS, guiado por el gestor informático, conduce al «Reframing», por cuanto la experimentación simulada promueve la transición hacia nuevas formas de pensamiento en la organización respecto de la TI.

Lo anterior refuerza el nuevo papel del gestor informático quien ya no solamente se hace responsable de la información que fluye en las diferentes actividades organizacionales, sino de aquella información, los modelos mentales, que favorece el desarrollo de capacidades inteligentes en la organización. Es decir, mediante estas herramientas de la DS el gestor informático impulsa a su organización en el camino de la «organización inteligente».

Conclusiones

Podemos indicar que la aplicación de la DS en la gestión informática puede llevar al logro de resultados favorables como: el involucramiento de toda la organización en la planeación y el uso de la TI; una planeación informática más cercana a las realidades organizacionales y en consecuencia una ejecución más exitosa; y el cambio beneficioso en la mentalidad organizacional acerca de la TI, su influencia y su aprovechamiento.

Como lo señala Wheeler (1994): «La Dinámica de Sistemas permanecerá fuera de la organización a menos que los gerentes la usen regularmente en su trabajo». Y a este respecto el gestor informático puede liderar la labor de difusión del uso de la DS en la organización.

BIBLIOGRAFÍA

ARACÍL, Javier. Introducción a la Dinámica de Sistemas, Alianza Editorial, Madrid, 1983.

ARDILA, Carlos y DURÁN, Pedro. Evolución 2.0: herramienta software para la simulación con modelos en Dinámica de Sistemas, Tesis de grado, UIS. Bucaramanga, 1995.

FORRESTER, Jay. Industrial Dynamics, Cambridge, Mass., Productivity Press, 1967.

GÉLVEZ, Lilia; MUSKUS, Zandy y ANDRADE, Hugo. Modelling of Leishmaniasis Transmission: a systemic approach, En Proceedings of 1994 International System Dynamics Conference, Escocia, System Dynamics Society.

NUTT, P.C. Diagnostics for strategic decisions. En OMEGA International Journal of Management Science, No.21, vol.4, 1993, Pág. 411-423.

ROCKART, J.F. Chief executives define their own data needs, En Harvard Business Review. No.57, 1979, Pág. 91-93.

SENGE, Peter; O'BRIEN, William et al. La Quinta disciplina en la práctica, Buenos Aires, 1995, Ediciones Granica.

SENGE, Peter. La Quinta disciplina: el arte y práctica de la organización inteligente, Buenos Aires, 1990, Ediciones Granica.

SOTAQUIRÁ, Ricardo; CABRERA, José Daniel y GÉLVEZ, Lilia. Hacia un mirar latinoamericano de la aplicación de la Dinámica de Sistemas en estudios organizacionales, En Sistémica'97, Lima, Perú, 1997, Instituto Andino de Sistemas.

SOTAQUIRÁ, Ricardo; GÉLVEZ, Lilia; MUSKUS, Zandy y DÍAZ, Juan Carlos. 1994. Evolución versión 1.0, Manual de usuario, Bucaramanga, Grupo SIMON, UIS.

SOTAQUIRÁ, Ricardo; GÉLVEZ, Lilia; SERRANO, Hector y DURÁN, Pedro. SIGNUS: Metodología para el desarrollo de Sistemas de Información en la UIS, Bucaramanga, 1995, Logicus Ltda.-UIS.

WHEELER, Frederick. How to get managers to use System Dynamics, En Proceedings of 1994 International System Dynamics Conference, Escocia, 1994, System Dynamics Society.

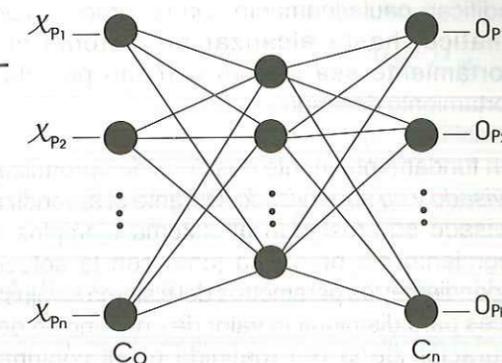
REDES NEURONALES FEED-FORWARD

MsC. GUILLERMO RUEDA RUEDA
E-mail: grueda@bumanga.unab.edu.co

La implementación del modelo de Von Newman ha sido un gran éxito científico-técnico; sin embargo, al mismo tiempo, se han hecho evidentes las limitaciones prácticas del modelo en algunos campos de aplicación, por ejemplo, las que tienen que ver con la implementación de sistemas computacionales para la emulación de la percepción y de los procesos del pensamiento. Desde el inicio del proceso de desarrollo de la actual tecnología de cómputo, de hecho, ha habido interés en el estudio de modelos alternativos de la computación. El trabajo de McCulloch y Pitts¹ es pionero en el estudio de una familia de sistemas computacionales que, explotando una analogía con la arquitectura de los tejidos nerviosos, se definen a partir de la interconexión de numerosos elementos de procesamiento de información en redes de procesadores, conocidas como *redes neuronales*. Una red neuronal puede describirse como un grafo dirigido con las aristas y los vértices etiquetados. Los vértices del grafo se interpretan como procesadores (neuronas), las aristas, junto con su dirección, como vías de flujo de información y las etiquetas de las aristas como características de los correspondientes canales del flujo de datos.

Existen diversos modelos de redes neuronales, entre los que se destaca, por sus diversas aplicaciones, el modelo de red neuronal feed-forward. Una red feed-forward, como su nombre lo indica, está constituida por un conjunto de elementos de procesamiento, organizados por capas C_0, \dots, C_n , de tal suerte que los elementos de procesamiento de la capa C_0 funcionan como interface de entrada y la información se transmite, entre capas consecutivas, desde la capa de entrada a la capa de salida C_n . Esquemáticamente, la arquitectura de una red neuronal feed-forward se muestra en la figura:

Los elementos de procesamiento (EP) de una red



neuronal feed-forward (y de otro tipo de redes neuronales) se comportan como filtros analógicos: cada neurona recibe información de otras neuronas a través de las conexiones (sinápsis), información que está codificada como un número real; esta información es "integrada" por el elemento de procesamiento para obtener una "excitación" neta, a partir de la cual se obtienen la activación y la salida del elemento de procesamiento.

Las redes neuronales feed-forward se han utilizado en los campos de reconocimiento de patrones, compresión de información, regresión no lineal y otros. En cualquiera de los casos se requiere un esquema de codificación de la información. Por ejemplo, para el reconocimiento de patrones, cada uno de los elementos de procesamiento de la capa de entrada admite una característica del sistema que se pretende identificar y, al propagarse la información hacia adelante, uno de los elementos de procesamiento se pone a nivel lógico alto, con los demás a nivel lógico bajo, proporcionando así un índice asociado a una categoría específica de objetos.

La configuración de una red neuronal feed-forward para la solución de un problema, dadas las funciones de transferencia de los elementos de procesamiento, requiere de la elección adecuada de los pesos y umbrales. A diferencia de lo que ocurre con la máquina de Von Newman, no existen, o no se conocen, métodos para la elección de los

¹ McCulloch, W.S., and Pitts, W.E. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bull. Math. Biophysics, 5, pp. 115-133.

pesos para aplicaciones específicas, por lo que la programación de una red neuronal se lleva a cabo mediante un proceso de adaptación, conocido como entrenamiento, en el que las características del sistema se modifican paulatinamente con un procedimiento sistemático, hasta alcanzar un sistema cuyo comportamiento sea lo más cercano posible al comportamiento deseado.

Existen fundamentalmente dos tipos de aprendizaje: *supervisado* y *no supervisado*. Durante el aprendizaje supervisado se presentan al sistema ejemplos del planteamiento del problema junto con la solución correspondiente; los parámetros del sistema se ajustan entonces para disminuir el valor de una función de la configuración de la red (definida en el conjunto -ordenado- de pesos y umbrales) y de las variables de entrada y salida cuyo valor más o menos grande es una medida de la adaptación del sistema para la solución de las instancias del problema que se presentan al sistema durante el entrenamiento.

Durante el aprendizaje no supervisado, las características del sistema se modifican aplicando reglas generales heurísticas, sin tener en cuenta las características específicas del universo en que se generan los patrones.

Back-Propagation

La estrategia más utilizada para el entrenamiento de redes neuronales feed-forward es el algoritmo conocido como back-propagation (BP), que es un procedimiento de aprendizaje supervisado que se basa en la disminución del error cuadrático total a la salida de la red.

Durante el aprendizaje, se ponen patrones en la capa de entrada, propagando la información hacia la capa de salida, lo cual permite obtener una señal de error para cada elemento de procesamiento en la última capa.

Las señales de error resultantes se transmiten hacia atrás, a partir de la capa de salida, capa por capa, para obtener las señales de error correspondientes a los elementos de procesamiento de las capas intermedias, hasta la capa de entrada. Con base en las señales de error, se actualizan entonces los pesos de conexión de tal suerte que, a la larga, la red converja hacia una configuración en la que estén codificados todos los patrones del conjunto de entrenamiento.

A medida que se entrena la red, las neuronas de las capas intermedias, se organizan de tal suerte que una de ellas (o un grupo de ellas) "aprende" a reconocer una característica específica del espacio de patrones de entrada.

Por otro lado, el hecho de que el algoritmo de entrenamiento se aplique en forma sistemática y reiterada, realizando adiciones de variables estocásticas, permite que BP sea aplicable al examen de patrones o datos contaminados por ruido.

Descripción de back-propagation

Sea $X = (X_{p1}, X_{p2}, \dots, X_{pn})$ el conjunto de patrones seleccionados para el entrenamiento de la red feed-forward. Definimos la entrada neta de la j -ésima unidad oculta como:

$$neta_{pj}^h = \sum_{i=1}^l W_{ji}^h X_{pi} + \theta_j^h$$

De tal suerte que W_{ji}^h es el peso de la conexión procedente de la i -ésima unidad de entrada, θ_j^h es el umbral de la j -ésima unidad oculta y h es el índice de la capa oculta.

Dado que la activación de un nodo es igual a la entrada neta, la salida del j -ésimo nodo estará definida por la siguiente ecuación:

$$I_{pj} = f_j^h(neta_{pj}^h)$$

De igual forma ocurre para cada una de las unidades de la capa de salida, descritas por las siguientes ecuaciones:

$$neta_{pk}^o = \sum_{j=1}^l W_{kj}^o I_{pj} + \theta_k^o$$

$$O_{pk} = f_k^o(neta_{pk}^o)$$

en donde el significado de las variables es similar al definido anteriormente, salvo que el índice utilizado caracteriza las ecuaciones como resultados de la capa de salida, es decir W_{kj}^o es el peso de la conexión procedente de la k -ésima unidad de entrada, θ_k^o es el umbral de la k -ésima unidad y o es el índice de la capa de salida.

Procedimiento para entrenar la Red

- i) Se aplica un patrón de entrada y se calculan los correspondientes vectores de salida.
- ii) Se comparan las salidas obtenidas con las salidas deseadas, y se determina el error de salida.
- iii) Se determina la dirección en que deberán cambiarse los pesos con el objeto de reducir el error.
- iv) Se determina la cantidad en que es necesario modificar el error.
- v) Se propagan los errores a cada una de las unidades de la red que han participado en la propagación.
- vi) Repetir desde i) hasta v) con todos los patrones de entrenamiento hasta que el error para todos los patrones del conjunto de datos quede reducido a una valor aceptable²

Actualización de pesos de la capa oculta

Se define $\delta_{pk} = (y_{pk} - o_{pk})$ como el error en la capa de salida (definido para patrones individuales o para el conjunto de patrones), donde p es el patrón a la entrada de la red, k es la k -ésima unidad de salida, y_{pk} es el valor que se obtiene al aplicar el patrón correspondiente en la entrada de la red neuronal y o_{pk} es el valor de salida esperado de la red.

Con los valores de salida de la red, -valor deseado y valor real- estamos en capacidad de calcular el error de la red, como la suma aritmética de todos los errores en las unidades de salida. Tomando en cuenta la consideración básica de back-propagation, como método de entrenamiento de redes feed-forward, se pretenderá minimizar el error medio cuadrático de la red. El error medio cuadrático está descrito por las siguientes ecuaciones:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M \delta_{pk}^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M (y_{pk} - o_{pk})^2 \quad o_{pk} = f_k^o(neta_{pk}^o)$$

$$\frac{\partial E_p}{\partial W_{kj}^o} = -(y_{pk} - o_{pk}) \frac{\partial f_k^o}{\partial(neta_{pk}^o)} \frac{\partial(neta_{pk}^o)}{\partial W_{kj}^o}$$

aplicando la regla de la cadena se obtiene:

$$\frac{\partial(neta_{pk}^o)}{\partial W_{kj}^o} = \frac{\partial}{\partial W_{kj}^o} (\sum W_{kj}^o I_{pj} + \theta_k^o) = I_{pj}$$

combinando las dos ecuaciones anteriores obtenemos:

$$-\frac{\partial E_p}{\partial W_{kj}^o} = (y_{pk} - o_{pk}) f_k^o(neta_{pk}^o) I_{pj}$$

de tal forma que la ecuación para la modificación de pesos estará definida por:

$$W_{kj}^o(t+1) = W_{kj}^o(t) + \Delta_p W_{kj}^o(t)$$

$$\Delta_p W_{kj}^o(t) = \eta (y_{pk} - o_{pk}) f_k^o(neta_{pk}^o) I_{pj}$$

donde η es el *coeficiente de aprendizaje* o *factor de convergencia* de la red. Por resultados encontrados² se recomiendan valores $0 < \eta < 1$. Para que tengan validez las expresiones anteriores se debe cumplir que f_k^o sea derivable. Como resultado de la experiencia recomienda la literatura existente en el área considerar, $f_k^o(neta_{pk}^o) = \frac{1}{(1 + e^{-neta_{pk}^o})}$ que es la función sigmoideal, que cumple las características de *función biestable* y *derivable*. Derivando la función sigmoideal obtenemos:

$$f_k^o = f_k^o(1 - f_k^o) = o_{pk}(1 - o_{pk})$$

Reemplazando el resultado anterior, en la ecuación de pesos, obtenemos finalmente:

$$W_{kj}^o(t+1) = W_{kj}^o(t) + \eta (y_{pk} - o_{pk}) o_{pk} (1 - o_{pk}) I_{pj}$$

$$\delta_{pk}^o = (y_{pk} - o_{pk}) f_k^o(neta_{pk}^o) = \delta_{pk} f_k^o(neta_{pk}^o)$$

$$W_{kj}^o(t+1) = W_{kj}^o(t) + \eta \delta_{pk}^o I_{pj}$$

Podemos adicionar un *término de momento*, que permitirá a la red recordar los resultados de los cálculos anteriores, con el fin de mantener los cambios de peso en la misma dirección. El término de momento adicionado permitirá a la red mejorar su velocidad de convergencia, respecto al método tradicional.

$$W_{kj}^o(t+1) = W_{kj}^o(t) + \eta \delta_{pk}^o I_{pj} + \alpha \Delta_p W_{kj}^o(t-1)$$

² Valor definido por el usuario.

Observación Interesante

Si estuviésemos interesados en que la regla delta generalizada fuese análoga al método de los mínimos cuadrados, *no cambiaríamos ninguno de los valores de los pesos hasta que se presenten a la red todos los patrones de entrenamiento al menos una vez*. Para ello acumulamos los cambios a medida que sea procesado cada patrón, los sumamos y hacemos la actualización de pesos al final del proceso. Repetimos el procedimiento hasta que el error sea aceptable.

Actualización de Pesos de la Capa Oculta

Ya obtenido el error para cada elemento de procesamiento de la red neuronal, se deben propagar los errores a cada una de las unidades de la red para la capa oculta, pero surge un problema, pues no tenemos forma de conocer por anticipado cuál debería ser la salida esperada de estas unidades ocultas. De acuerdo a las ecuaciones de nuestra red, tenemos definida las salidas de esta capa en la forma:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p (y_{pk} - o_{pk})^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p (y_{pk} - f_k^o(neta_{pk}^o))^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p (y_{pk} - f_k^o(\sum_i W_{ki}^o I_{pi} + \theta_k^o))^2$$

donde I_{pj} es función de los pesos de las capas ocultas y de acuerdo a las definiciones realizadas en la primera parte:

$$neta_{pj}^h = \sum_{i=1}^n W_{ji}^h X_{pi} + \theta_j^h$$

$$I_{pj} = f_j^h(neta_{pj}^h)$$

Se obtiene:

$$\frac{\partial E_p}{\partial W_{ji}^h} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p \frac{\partial}{\partial W_{ji}^h} (y_{pk} - o_{pk})^2 = -\sum_{k=1}^p (y_{pk} - o_{pk}) \frac{\partial o_{pk}}{\partial W_{ji}^h} \frac{\partial (neta_{pk}^o)}{\partial I_{pj}} \frac{\partial I_{pj}}{\partial (neta_{pj}^h)}$$

$$\frac{\partial E_p}{\partial W_{ji}^h} = -\sum_{k=1}^p (y_{pk} - o_{pk}) \frac{\partial o_{pk}}{\partial (neta_{pk}^o)} \frac{\partial (neta_{pk}^o)}{\partial I_{pj}} \frac{\partial I_{pj}}{\partial (neta_{pj}^h)} \frac{\partial (neta_{pj}^h)}{\partial W_{ji}^h}$$

$$\frac{\partial E_p}{\partial W_{ji}^h} = -\sum_{k=1}^p (y_{pk} - o_{pk}) f_k^o(neta_{pk}^o) W_{kj}^o f_j^h(neta_{pj}^h) X_{pi}$$

Actualizando los pesos de la capa oculta proporcionalmente al valor negativo de la ecuación anterior obtenemos:

$$\Delta_p W_{ji}^h = \eta f_j^h(neta_{pj}^h) X_{pi} \sum_{k=1}^p \delta_{pk}^o W_{kj}^o$$

de aquí podemos observar que todas las actualizaciones de los pesos de la capa oculta dependen de todos

los términos de error, δ_{pk}^o , de la capa de salida. Este resultado es consecuencia de la noción de la propagación hacia atrás, donde:

$$\delta_{pj}^h = f_j^h(neta_{pj}^h) X_{pi} \sum_k \delta_{pk}^o W_{kj}^o$$

$$W_{ji}^h(t+1) = W_{ji}^h(t) + \eta \delta_{pj}^h X_{pi}$$

Consideraciones Prácticas

Si se está probando una red en un entorno con ruido, entonces hay que incluir unos cuantos patrones de entrada contaminados en el conjunto de datos de entrada, con el fin de ayudar a la red a acelerar su velocidad de convergencia en la fase de aprendizaje.

Durante el proceso de entrenamiento, es recomendable seleccionar aleatoriamente los patrones de entrenamiento. No se deberá entrenar una red con patrones de una sola clase, y luego tomar patrones de otra clase, con el fin de que la red no olvide en cada fase de entrenamiento los datos de la fase anterior.

Dimensionamiento de la Red

Cuántas capas son necesarias, cuántas neuronas por capa se necesitan, qué valores iniciales hay que asignar a los pesos de la red y otras más, son preguntas que difícilmente tendrán una respuesta concreta. En general, podemos decir que tres capas son suficientes y el tamaño de neuronas de la capa de entrada y de la capa de salida suelen estar condicionados gene-

ralmente por el tipo de problema a analizar.

Determinar el número de unidades de la capa oculta no es tan evidente. La idea principal consiste en utilizar el menor número de nodos o neuronas, debido a que cada neurona implica conexiones y un aumento exponencial en la carga computacional. Podemos aplicar el método desarrollado por Rumelhart para la eliminación de neuronas innecesarias en el proceso, verificando aquellas conexiones que varían en proporciones muy pequeñas y que no contribuyan de manera sustancial en el aprendizaje de la red, utilizando para ello una revisión periódica de la red.

Pesos y Parámetros de Aprendizaje

Un factor de aprendizaje muy pequeño representa una asignación de pequeños pasos a través de la red, lo

que implica que deben realizarse muchas iteraciones antes de que la red converja.

Puede ser posible aumentar el factor de aprendizaje a medida que la red converge, a medida que el error de la red disminuye. La asignación de valores muy grandes del factor de aprendizaje implica que la red en un instante de tiempo alcance un mínimo y pueda rebotar, alejándose del valor mínimo verdadero.

El coeficiente o factor de aprendizaje deberá pertenecer al intervalo $0.05 < \eta < 0.25$ para que la red converja de manera apropiada³. El valor de momento α es otra forma de acelerar la velocidad de convergencia, que consiste en adicionar un valor inercial, que es un porcentaje del cambio de pesos $\Delta_p W$ en la iteración anterior. Este valor tiende a mantener los cambios de peso en la misma dirección.

³ Chavoya O. Conferencia Internacional de Inteligencia Artificial. Bucaramanga, Colombia.

¿REDES NEURONALES HIBRIDAS?

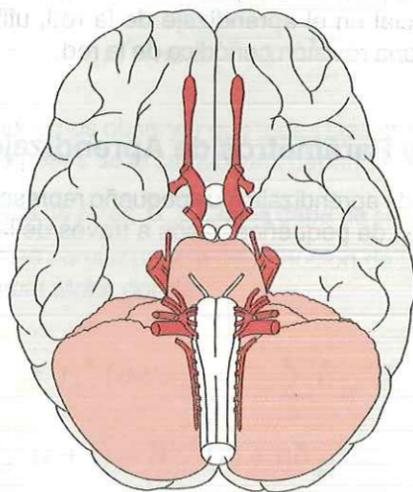
ING. CESAR DARIO GUERRERO
 Maestría en Ciencias Computacionales
 E-mail: cguerrer@bumanga.unab.edu.co

Desde 1.956 cuando en la "Conferencia de Darmouth" se mostró al mundo informático la Inteligencia Artificial como una alternativa eficaz para la solución de problemas lo suficientemente complejos como para que los realicen las personas e inclusive los algoritmos tradicionales; los ojos de muchas universidades y centros de investigación como M.I.T., Stanford, Carnegie-Mellon, Laboratorios AT&T, Bell, entre otros, se volcaron hacia la profundización e innovación de nuevas alternativas de procesamiento de información.

Tal es el caso de Frank Rosenblatt de la Universidad de Cornell quien durante la década de los sesenta enfocó su estudio hacia una nueva forma de procesamiento fundamentada en los principios de organización y funcionamiento cerebrales, denominada Red Neuronal Artificial.

Basado posiblemente en investigaciones previas emprendidas en 1.943 por Warren S. MacCulloch y Walter H. Pitts quienes formularon el modelo de una red lógica compuesta por unidades elementales con características digitales, Rosenblatt planteó una red para aprendizaje de patrones llamada **perceptrón**. Dicha red consta de una sola neurona que recibe valores binarios (simulando señales inhibitorias o excitatorias propias de neuronas cerebrales) que son ponderados mediante un vector de conexiones (sinapsis cerebral) para finalmente generar mediante una función no lineal de tipo escalón una señal de salida que indique la pertenencia o no del patrón de entrada a una clase preestablecida de patrones.

Este modelo sin embargo, presentó serias limitaciones al no poder solucionar un problema tan elemental como la simulación de una compuerta OR exclusiva y fue así como empezaron a surgir severas críticas por parte de científicos de renombre como Minsky y Papert. A pesar de ello las investigaciones no cesaron. Hoy en día, las redes neuronales artificiales presentan una alternativa muy atractiva para la solución de diferentes problemas donde por un lado no existen reglas muy claras para el procesamiento de extensos volúmenes de información y por otro, porque entran a jugar muchas variables que lograrían resquebrajar cualquier esquema de programación tradicional.



Gracias a que van modificando su estructura a partir de ejemplos claves iniciales para obtener una respuesta deseada, podemos decir que poseen capacidad de aprendizaje. Además, la arquitectura y funcionamiento de la red presentes en sus diferentes canales de información, moldean una filosofía de procesamiento en paralelo.

Estas características y otras más han llevado con éxito a aplicarlas en problemas de reconocimiento y clasificación de señales, tratamiento de imágenes, modelamiento y en general, para resolver problemas de optimización.

Sin embargo una red neuronal como tal, presenta algunas limitaciones en su funcionamiento. Una de ellas radica en que para cada problema se debe dar un nuevo proceso de entrenamiento, perdiéndose de ésta manera el conocimiento adquirido anteriormente. Es por eso que la etapa de aprendizaje en la red, debe entenderse más como una síntesis algorítmica que continúa durante el entrenamiento y muere al llegar a la respuesta deseada de un problema específico. Todo lo contrario a lo que sucede en los sistemas expertos donde el aprendizaje no muere con el problema, sino que entra a formar parte de los heurísticos que ayudan a construir la base de conocimiento.

Otra importante desventaja se basa en el hecho de que la red es un sistema de caja negra, que se limita a dar una solución ante determinado problema, sin poseer reglas o procesamiento lógico que le permita razonar y justificar su respuesta ante el usuario. Los sistemas expertos a pesar de que no siempre llegan a una solución, cuando lo hacen tienen los mecanismos necesarios para indicar la forma en que se hizo, dando mayor seguridad y comprensión a dicho usuario.

Es por esto, que la Inteligencia Artificial se debe enmarcar dentro del enfoque sistemático donde no se trata de tener alternativas aisladas sino de buscar las posibles interacciones que pueden existir entre sus diferentes ramas en pro de la búsqueda de soluciones a problemas de diferente índole que puedan surgir del mundo real.

Dicho esto, resulta evidente pensar que las limitaciones impuestas a las redes neuronales en su estado natural, podrían ser ocultadas bajo el concepto de Red Neuronal Híbrida. De hecho, en los

sistemas computacionales de la siguiente generación, conceptos como lógica difusa, redes neuronales, sistemas expertos y métodos de aprendizaje genéticos tendrán gran relevancia no sólo al nivel de software, sino en cuanto al mismo hardware se refiere. El abaratamiento de los diferentes recursos informáticos y la disponibilidad de altas tecnologías de integración electrónica permitirán la implantación de éstas metodologías aprovechando muy posiblemente las ventajas que presta el procesamiento en paralelo.

De esta forma, la red neuronal podría intercambiar información con el experto, que le permitirá por ejemplo dar un soporte a la justificación de sus respuestas o tomar futuras decisiones con base a los heurísticos previamente introducidos en la base de conocimiento. De igual forma, la potencia de la red como clasificador, permitirá identificar para los sistemas "fuzzy" una determinada función de membresía. Por su parte, los métodos de aprendizaje genéticos suministrarían nuevas reglas a la base de conocimiento del experto. (Ver figura 1)



Figura 1. Esquema de procesamiento de una red neuronal híbrida que comparte Información con otras tecnologías de Inteligencia Artificial

Así, una red neuronal híbrida no sólo se refiere a la información que pueda obtener de otros esquemas computacionales sino también al aporte que ella pueda dar a estos en busca de la solución óptima a determinado problema.

"Divide y Vencerás", ésta será muy posiblemente la filosofía que tomarán los sistemas computacionales de futuras generaciones, fusionando para este fin arquitecturas de paralelismo real con nuevas tecnologías de procesamiento como las que proporciona la Inteligencia Artificial.

COMPUTACION PARALELA CONCEPTOS BÁSICOS

ING. FERNANDO ROJAS MORALES
 MAESTRIA EN CIENCIAS COMPUTACIONALES
 E-mail: frojas@bumanga.unab.edu.co

El paralelismo

El paralelismo se presenta en un sistema cuando se realizan varias tareas al mismo tiempo.

Un caso de la vida real:

Un hombre que conduce un automóvil debe hacerse cargo de lograr que la máquina automotor funcione correctamente en el aspecto mecánico, aunque no sepa de mecánica, es decir hacer el cambio de velocidad adecuadamente y presionar los pedales en la forma correcta para lograr que la máquina se desplace sin sobresaltos; a su vez debe orientar el volante, a derecha o a izquierda, avanzar o detener la máquina de acuerdo a sus intereses de desplazamiento; y a su vez debe estar pendiente de los elementos que se mueven en su entorno, los demás automotores, las señales de tránsito, los huecos que hay en el pavimento, y los transeúntes entre otros. Al tiempo algunos pueden estar manteniendo una conversación con sus tripulantes, escuchando música, ajustándose el cinturón de seguridad y saboreando un caramelo.

Podemos decir que existe procesamiento en paralelo en cuanto al hecho de que el conductor está realizando varias tareas a la vez sin embargo tenemos un sólo cerebro controlando todas las actividades.

Existe otro ejemplo un poco más patético: un grupo de trabajadores que levantan una construcción:

Primero algunos levantan las columnas de soporte, luego por grupos unos levantan el muro oriental mientras otros levantan el muro occidental, a la vez otros levantan el muro norte y otros el muro sur, finalmente todos se reúnen a trabajar en la postura del techo.

Factores que limitan el paralelismo

En los dos casos podemos ver algunos factores limitantes propios del procesamiento paralelo:

- **Secuencialidad Intrínseca:** Es decir algunas tareas solo podrán hacerse cuando otras que las preceden sean terminadas. En el caso uno, se debe dar arranque al motor antes de avanzar el auto. En el segundo caso la segunda línea de ladrillos solo se podrá poner después de haber puesto la primera.

- **Concurrencia:** Algunos recursos van a intentar ser utilizados a la vez. En el primer caso el conductor no puede mirar adelante y atrás a la vez. En el caso dos, dos grupos de obreros pueden intentar hacer uso del cemento o de las herramientas, a la vez.

- **Sincronización:** Ciertos grupos de tareas deben ser programados en el tiempo, tanto en el aspecto ya mencionado de la Secuencialidad como en el aspecto de maduración u obtención de respuesta. Para el caso primero: El conductor debe esperar a que el motor haga el embrague para poder hacer el cambio de velocidad, a pesar de que el auto puede estar avanzando. En el segundo caso, los obreros tendrán que esperar hasta que todos los muros estén terminados antes de poder poner el techo de la construcción.

Justificación para la construcción de máquinas paralelas

La necesidad del Computo Paralelo surge de las limitaciones de la arquitectura de las máquinas computacionales diseñadas por Von Neumann (en dos palabras, un procesador conectado a una memoria local), de las cuales se derivan prácticamente todas las computadoras de uso diario alrededor del planeta. El desarrollo del software se quedó rezagado con respecto al desarrollo del hardware, y específicamente el de las arquitecturas paralelas (máquinas computacionales que trabajan con varios procesadores), de esta manera emerge la necesidad de rehacer los programas que corren sobre computadoras convencionales (de un solo procesador) para lograr que lo hagan sobre máquinas de varios procesadores y de esta forma obtener un mejoramiento en el rendimiento. Citando los casos de ejemplo anteriormente mencionados, la pregunta que surge es ¿en computación cual es el equivalente de los obreros que construyen paredes por grupos y al mismo tiempo?

Se presenta un caso común de ejemplo:

La mayoría de programadores para realizar el ordenamiento de una matriz por filas construimos un algoritmo que ordene las filas una por una, con un procesador a disposición no tenemos una mejor opción, pero si disponemos de varios

procesadores podríamos construir un algoritmo que realice el ordenamiento de cada una de las filas sobre cada uno de los procesadores y hacer esto a la vez. Un pequeño análisis matemático nos muestra como mejora el rendimiento. Si la matriz contiene 256 filas, el ordenamiento que se hace utilizando el algoritmo convencional que corre sobre máquinas de un solo procesador gastará 256 unidades de tiempo. Pero si hacemos este ordenamiento sobre una máquina paralela que tenga 256 procesadores, el tiempo será aproximadamente 256 veces menor. Se origina entonces una nueva pregunta: ¿cómo se justifica la inversión en una máquina con 256 procesadores, cuyo costo es mucho mayor que el de una máquina con un solo procesador?

Los grandes retos que la computación paralela enfrenta y que justifican su inversión, la construcción de máquinas paralelas y el desarrollo de algoritmos que trabajen sobre estas, se encuentran en diversos campos de la ciencia que requieren de altos volúmenes de procesamiento, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Reducción de ruido en grabaciones magnéticas
- Diseño de medicinas
- Diseño de jets
- Mejoramiento en el diseño de motores de combustión
- Modelamiento del océano
- Tratamiento de imágenes en el área de la medicina, tomografía
- Modelamiento de la contaminación
- Estudio de la estructura de proteínas
- Imágenes sintéticas
- Apoyos educativos

Como dijimos anteriormente las máquinas que se han estado utilizando hasta hoy poseen un procesador y una memoria local, esto a su vez requiere de un canal o bus de comunicación, que al congestionarse aminora el desempeño de la máquina. Una de las primeras modificaciones es por tanto incrementar el número de buses. Pero este sencillo cambio representa rediseñar los programas, es decir un nuevo paradigma de programación: la programación en paralelo.

Clases de Arquitectura Paralela

El desarrollo de las máquinas paralelas se ha incrementado en la década de los 90. Es así como hoy por hoy, los fabricantes están compitiendo hacia el logro de lo que se denomina el desempeño 3T o la carrera hacia el teraflop, que consiste en:

- 1 Teraflop de velocidad de procesamiento
- 1 Terabyte de RAM
- 1 Terabyte/seg de I/O¹

Existen varias clases de máquinas paralelas, que se caracterizan de acuerdo a su diseño arquitectónico de la siguiente manera:

Por la manera como administran la memoria:

- **Máquinas que utilizan memoria compartida:** las que utilizan un sistema global de memoria, y
- **Máquinas que utilizan memoria distribuida:** en las que cada procesador cuenta con su propia memoria local.

Por la manera como controlan sus procesadores:

- **Máquinas centralizadas (SIMD²):** que poseen un procesador que controla a los demás.
- **Máquinas distribuidas (MIMD³):** en la cual cada procesador puede realizar tareas diferentes y no existe un procesador que los coordine.

Máquinas con memoria compartida

Estas máquinas también se denominan **multiprocesadores**. Para evitar que el uso de la memoria se convierta en una región crítica y se genere un problema mayor que el que se está atacando la memoria se divide en bancos de memoria con una red de interconexión entre ellos.

Existen varios diseños de acuerdo a la **localización** de la memoria:

- **UMA⁴:** Es un sistema en el cual para que los procesadores acceden un banco de memoria se requiere la misma cantidad de tiempo. (Ver Figura 2.)

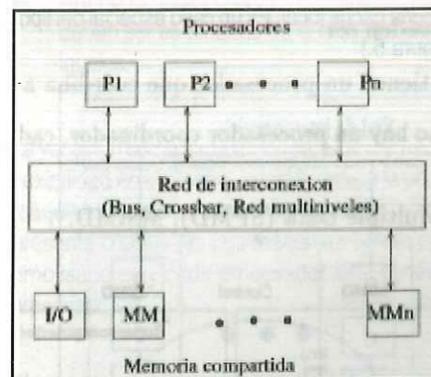


Figura 2. Modelo UMA

¹ 1 Tera = 10¹². 1 Teraflop son 10¹² operaciones/seg
² Single Instruction stream and Multiple Data streams
³ Multiple Instruction streams and Multiple Data streams
⁴ Uniform Memory Access

COMPUTACION PARALELA CONCEPTOS BÁSICOS

ING. FERNANDO ROJAS MORALES
MAESTRIA EN CIENCIAS COMPUTACIONALES
E-mail: frojas@bumanga.unab.edu.co

El paralelismo

E

l paralelismo se presenta en un sistema cuando se realizan varias tareas al mismo tiempo.

Un caso de la vida real:

Un hombre que conduce un automóvil debe hacerse cargo de lograr que la máquina automotor funcione correctamente en el aspecto mecánico, aunque no sepa de mecánica, es decir hacer el cambio de velocidad adecuadamente y presionar los pedales en la forma correcta para lograr que la máquina se desplace sin sobresaltos; a su vez debe orientar el volante, a derecha o a izquierda, avanzar o detener la máquina de acuerdo a sus intereses de desplazamiento; y a su vez debe estar pendiente de los elementos que se mueven en su entorno, los demás automotores, las señales de tránsito, los huecos que hay en el pavimento, y los transeúntes entre otros. Al tiempo algunos pueden estar manteniendo una conversación con sus tripulantes, escuchando música, ajustándose el cinturón de seguridad y saboreando un caramelo. Podemos decir que existe procesamiento en paralelo en cuanto al hecho de que el conductor está realizando varias tareas a la vez sin embargo tenemos un sólo cerebro controlando todas las actividades.

Existe otro ejemplo un poco más patético: un grupo de trabajadores que levantan una construcción:

Primero algunos levantan las columnas de soporte, luego por grupos unos levantan el muro oriental mientras otros levantan el muro occidental, a la vez otros levantan el muro norte y otros el muro sur, finalmente todos se reúnen a trabajar en la postura del techo.

Factores que limitan el paralelismo

En los dos casos podemos ver algunos factores limitantes propios del procesamiento paralelo:

- **Secuencialidad Intrínseca:** Es decir algunas tareas solo podrán hacerse cuando otras que las preceden sean terminadas. En el caso uno, se debe dar arranque al motor antes de avanzar el auto. En el segundo caso la segunda línea de ladrillos solo se podrá poner después de haber puesto la primera.

- **Concurrencia:** Algunos recursos van a intentar ser utilizados a la vez. En el primer caso el conductor no puede mirar adelante y atrás a la vez. En el caso dos, dos grupos de obreros pueden intentar hacer uso del cemento o de las herramientas, a la vez.

- **Sincronización:** Ciertos grupos de tareas deben ser programados en el tiempo, tanto en el aspecto ya mencionado de la Secuencialidad como en el aspecto de maduración u obtención de respuesta. Para el caso primero: El conductor debe esperar a que el motor haga el embrague para poder hacer el cambio de velocidad, a pesar de que el auto puede estar avanzando. En el segundo caso, los obreros tendrán que esperar hasta que todos los muros estén terminados antes de poder poner el techo de la construcción.

Justificación para la construcción de máquinas paralelas

La necesidad del Computo Paralelo surge de las limitaciones de la arquitectura de las máquinas computacionales diseñadas por Von Neumann (en dos palabras, un procesador conectado a una memoria local), de las cuales se derivan prácticamente todas las computadoras de uso diario alrededor del planeta. El desarrollo del software se quedó rezagado con respecto al desarrollo del hardware, y específicamente el de las arquitecturas paralelas (máquinas computacionales que trabajan con varios procesadores), de esta manera emerge la necesidad de rehacer los programas que corren sobre computadoras convencionales (de un solo procesador) para lograr que lo hagan sobre máquinas de varios procesadores y de esta forma obtener un mejoramiento en el rendimiento. Citando los casos de ejemplo anteriormente mencionados, la pregunta que surge es ¿en computación cual es el equivalente de los obreros que construyen paredes por grupos y al mismo tiempo?

Se presenta un caso común de ejemplo:

La mayoría de programadores para realizar el ordenamiento de una matriz por filas construimos un algoritmo que ordene las filas una por una, con un procesador a disposición no tenemos una mejor opción, pero si disponemos de varios



procesadores podríamos construir un algoritmo que realice el ordenamiento de cada una de las filas sobre cada uno de los procesadores y hacer esto a la vez. Un pequeño análisis matemático nos muestra como mejora el rendimiento. Si la matriz contiene 256 filas, el ordenamiento que se hace utilizando el algoritmo convencional que corre sobre máquinas de un solo procesador gastará 256 unidades de tiempo. Pero si hacemos este ordenamiento sobre una máquina paralela que tenga 256 procesadores, el tiempo será aproximadamente 256 veces menor. Se origina entonces una nueva pregunta: ¿cómo se justifica la inversión en una máquina con 256 procesadores, cuyo costo es mucho mayor que el de una máquina con un solo procesador?

Los grandes retos que la computación paralela enfrenta y que justifican su inversión, la construcción de máquinas paralelas y el desarrollo de algoritmos que trabajen sobre estas, se encuentran en diversos campos de la ciencia que requieren de altos volúmenes de procesamiento, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Reducción de ruido en grabaciones magnéticas
- Diseño de medicinas
- Diseño de jets
- Mejoramiento en el diseño de motores de combustión
- Modelamiento del océano
- Tratamiento de imágenes en el área de la medicina, tomografía
- Modelamiento de la contaminación
- Estudio de la estructura de proteínas
- Imágenes sintéticas
- Apoyos educativos

Como dijimos anteriormente las máquinas que se han estado utilizando hasta hoy poseen un procesador y una memoria local, esto a su vez requiere de un canal o bus de comunicación, que al congestionarse aminora el desempeño de la máquina. Una de las primeras modificaciones es por tanto incrementar el número de buses. Pero este sencillo cambio representa rediseñar los programas, es decir un nuevo paradigma de programación: la programación en paralelo.

Clases de Arquitectura Paralela

El desarrollo de las máquinas paralelas se ha incrementado en la década de los 90. Es así como hoy por hoy, los fabricantes están compitiendo hacia el logro de lo que se denomina el desempeño 3T o la carrera hacia el teraflop, que consiste en:

- 1 Teraflop de velocidad de procesamiento
- 1 Terabyte de RAM
- 1 Terabyte/seg de I/O¹

Existen varias clases de máquinas paralelas, que se caracterizan de acuerdo a su diseño arquitectónico de la siguiente manera:

Por la manera como administran la memoria:

- **Máquinas que utilizan memoria compartida:** las que utilizan un sistema global de memoria, y
- **Máquinas que utilizan memoria distribuida:** en las que cada procesador cuenta con su propia memoria local.

Por la manera como controlan sus procesadores:

- **Máquinas centralizadas (SIMD²):** que poseen un procesador que controla a los demás.
- **Máquinas distribuidas (MIMD³):** en la cual cada procesador puede realizar tareas diferentes y no existe un procesador que los coordine.

Máquinas con memoria compartida

Estas máquinas también se denominan **multiprocesadores**. Para evitar que el uso de la memoria se convierta en una región crítica y se genere un problema mayor que el que se está atacando la memoria se divide en bancos de memoria con una red de interconexión entre ellos.

Existen varios diseños de acuerdo a la **localización** de la memoria:

- **UMA⁴:** Es un sistema en el cual para que los procesadores acceden un banco de memoria se requiere la misma cantidad de tiempo. (Ver Figura 2.)

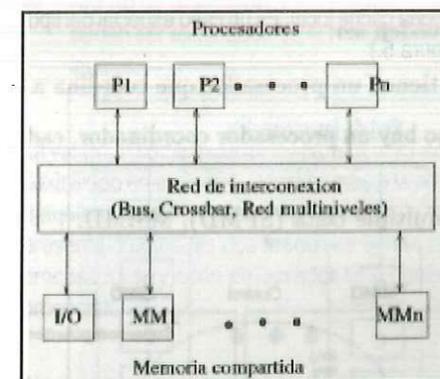


Figura 2.
Modelo UMA

¹ 1 Tera = 10¹². 1 Teraflop son 10¹² operaciones/seg
² Single Instruction stream and Multiple Data streams
³ Multiple Instruction streams and Multiple Data streams
⁴ Uniform Memory Access

- **NUMA⁵**: En este modelo los procesadores y los bancos de memoria se agrupan en clusters. El tiempo de acceso a la memoria varía según si la memoria que va a ser accesada se encuentra en su cluster local o no. (Ver Figura 3 y 4.)

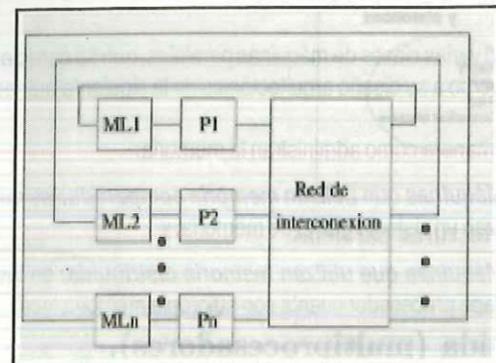


Figura 3. Modelo NUMA

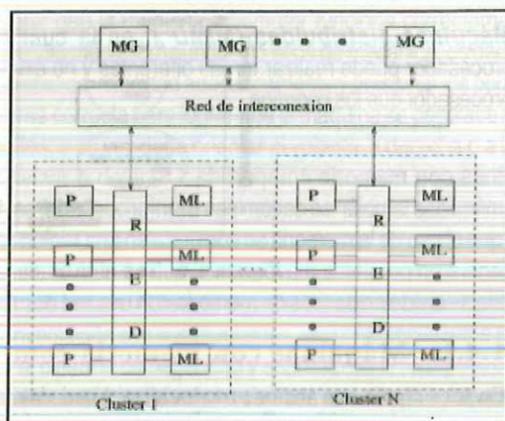


Figura 4. Modelo NUMA de acceso a memoria

- **COMA⁶**: Es el modelo en el que todos los procesadores tienen una memoria cache local. Es un caso especial del tipo NUMA. (Ver Figura 5.)

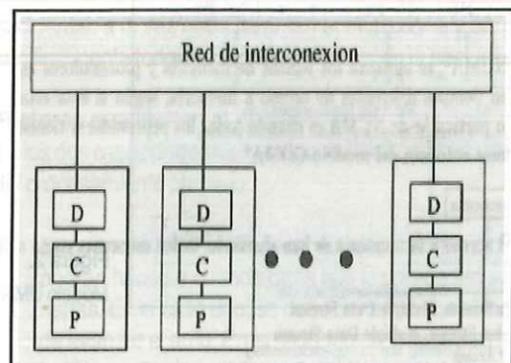


Figura 5. Modelo COMA

La idea general de la memoria compartida es disponer de una memoria global que pueda ser accesada por todos los procesadores, pero a su vez que cada procesador pueda disponer de ella como propia.

Acceso a la memoria

De acuerdo al tipo de acceso a la memoria se tienen los siguientes esquemas:

- **Buses jerárquicos**: en este modelo se implementan varios buses organizados en forma de árboles, generando subredes que poseen sus propios procesadores y parte de la memoria de la máquina.
- **Memorias multipuertos**: Este diseño conecta todos los procesadores a toda la memoria a través de cierto número de puertos. Es una solución costosa por que requiere muchos puertos en la memoria, pero es rápida.
- **Redes multiniveles (MIN⁷)**: Implementa una red de conmutadores que seleccionan un camino hacia el banco de memoria solicitado para habilitar la comunicación entre procesadores y memorias.

Máquinas con memoria distribuida

En las también llamadas **multicomputadoras** cada procesador cuenta con su propia área de memoria reservada. Se exige la existencia de una red, que puede ser de alta o baja velocidad para dar soporte a la comunicación entre procesadores que trabajan coordinadamente mediante el sistema de paso de mensajes. (Ver Figura 6.)

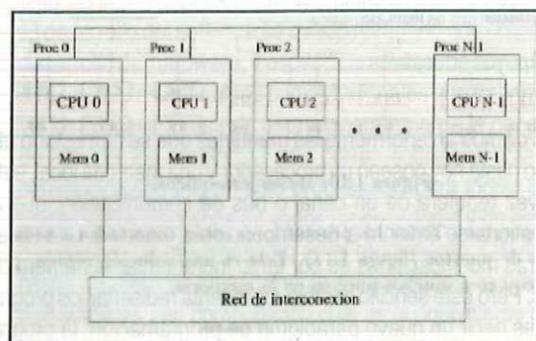


Figura 6. Máquinas con memoria distribuida (Multicomputadoras)

⁵ NotUniform Memory Access
⁶ Common Memory Access
⁷ Multistage Interconnection Network

Dentro de las máquinas que manejan memoria distribuida tenemos tres generaciones importantes:

1. 1987, Se diseñaron máquinas que se basan en la implementación arquitectónica de hipercubos y usan conmutación de mensajes y sistemas de comunicación interna controlados por software (Ej: Intel iPSC/1)
2. 1992, Los sistemas de esta generación están basados en mallas y ruteo de mensajes por hardware (Ej: Intel Paragon, Supernode); algunos hacen uso del sistema de ruteo wormhole.
3. 1993 en adelante, Se desarrollan máquinas para implementar paralelismo de grano fino con chips para proceso y chips para dar soporte a la comunicación (Ej: MIT J-machine, Caltech Mosaic, T900); algunas hacen uso de canales virtuales y control de comunicaciones utilizando hardware.

Retomando nuestros ejemplos iniciales, en el conductor tenemos un sistema con memoria compartida, mientras que en el caso de los obreros uno de memoria distribuida.

Máquinas de control centralizado

Como se mencionó anteriormente existen máquinas que utilizan un procesador que coordina la actividad de los demás. Dentro de este grupo hay un grupo de máquinas llamadas **máquinas vectoriales**, (Ej: Cray y ES/9000), que tienen la capacidad de trabajar con gran cantidad de datos al mismo tiempo. En este tipo de máquinas se pueden realizar operaciones vectoriales, es decir operaciones como sumas y productos entre vectores que produzcan como resultado otros vectores o escalares, de acuerdo a la naturaleza de la operación. Otras operaciones tienen que ver con el flujo de información dentro de la máquina. Ejemplos de estas operaciones son: Gather, que pone un conjunto de datos de la memoria en un vector en un solo paso; Scatter, hace lo contrario de Gather; y Masking, que ubica solamente algunos de los resultados de una operación en otro vector.

Máquinas SIMD

Son un tipo de máquinas que poseen la capacidad de trabajar con miles de procesadores a la vez, con la característica de que todos deben estar realizando la misma operación a la vez aunque con diferentes datos. Estas máquinas pueden tener memoria compartida o distribuida. Ej: la Connection Machine, que está constituida por miles de procesadores conectados por un hipercubo.

La nueva generación de este tipo se conoce como la CM5, que posee un grupo de nodos de control, tecnología de procesadores SPARC y una red de interconexión con árboles gordos.

Topología de interconexión

No es suficiente con el hecho de que una máquina integre muchos procesadores y grandes volúmenes de memoria, su desempeño depende en gran parte de la manera como estos elementos se interconectan y se administran. Se conocen dos formas de topología:

Interconexión estática

Consiste en construir una red de procesadores cuyos enlaces de interconexión se mantienen sin variar durante la ejecución de un programa. La disposición geométrica de conexión puede ser de varios tipos:

- Anillo
- Malla
- Hipercubo

Cada una de estas configuraciones posee un conjunto de parámetros que permiten hacer comparaciones entre ellos. Estos parámetros son:

- **Grado**: Es el número máximo de procesadores a los que se puede conectar directamente cada procesador.
- **Distancia**: Es el número de procesadores intermedios por los que tiene que pasar un mensaje proveniente de un procesador para llegar a otro; la distancia define el tiempo que tarda una comunicación en la red.
- **Distancia media**: Es el promedio de distancias entre procesadores.
- **Diámetro**: Es la distancia mas grande en la red.
- **Escalabilidad**: Es el grado de facilidad con que puede crecer la red de procesadores.
- **Ancho de bisección**: Es el número mínimo de enlaces que deben ser eliminados de la red para producir dos subredes iguales.

La variación combinada de los parámetros hace posible que exista flexibilidad en el diseño. Además existe la posibilidad de que dos máquinas paralelas sean topológicamente equivalentes, esto se presenta cuando las dos máquinas tienen el mismo número de procesadores y cada procesador esta conectado a los mismos procesadores.

Algunos tipos de arreglos arquitectónicos especiales se originan de los anteriores, entre los cuales se tienen los Anillos con Cuerdas, los Torus, los n-cubos y las mallas Midimew.

Interconexión dinámica

La interconexión dinámica es una topología que tiene su base en el uso de conmutadores (o switches), que pueden conmutar los estados y de esta forma la salida, tal y como funciona en un circuito digital.

De acuerdo a la disposición se tienen las siguientes topologías:

- **Baseline:** En este tipo de topología los parámetros que intervienen son: Permutaciones, número de conmutadores y niveles, y ancho de canal expresado en número de bits. Los conmutadores son realmente redes crossbar, que permiten conectar n entradas con n salidas, esto origina $n!$ permutaciones de conexiones posibles (cuando no hay contradicciones en la posición de los conmutadores). La red puede ser bloqueante, es decir que no todas las permutaciones que puede hacer un crossbar en un solo paso son posibles. Este estilo de conexión se mejora construyendo un MIN, que es un conjunto de redes crossbar (con crossbar pequeños) de varios niveles que aumentan el rendimiento y disminuyen el costo para un número de entradas grande.
- **Red Omega:** Este tipo de conexión utiliza una permutación por rotación a la izquierda (denominada "perfect shuffle") en cada nivel. Esta red es bloqueante y posee su propio algoritmo de ruteo.
- **Red Benes:** Es una red de tipo MIN no bloqueante. Una red B_2 se construye con conmutadores de dos entradas, y una red B_n se construye recursivamente con dos $B_{n/2}$.

Comparación general entre interconexión dinámica y estática:

Una de las características de las redes interconectadas en forma estática es que los enlaces no pueden cambiar durante la ejecución de un programa, pero se habla de ventajas en su diseño como son la flexibilidad y la escalabilidad. En las redes con topologías dinámicas se tienen las bloqueantes como la red omega cuyo rendimiento medido en número de permutaciones permitidas es del 10%, lo cual quiere decir que el 90% de las permutaciones son bloqueantes. Se encuentra un mejor desempeño en la red tipo Benes donde el número de permutaciones permitidas es de orden $n!$ y no es bloqueante.

CONCLUSIONES

El nuevo enfoque tecnológico de las máquinas computacionales hacen que surga un nuevo paradigma de programación: la programación de máquinas paralelas, que no podemos llamar programación paralela, ni tampoco programación en paralelo. Esto implica un nuevo campo de acción para los profesionales de las ciencias computacionales con bastante terreno por labrar.

BIBLIOGRAFIA

Por tratarse de una tecnología realmente nueva, la base de la información del presente artículo se encuentra en las notas del curso: Computo Paralelo y Distribuido impartido por el Dr. Jesus Sánchez, ITESM.

<http://research.com.itesm.mx/jesus/cursos/compd97/presenta.html>

LOS PARADIGMAS EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE

ING. EDUARDO CARRILLO ZAMBRANO

E-mail: ecarrill@bumanga.unab.edu.co

INTRODUCCION

Con la permanente evolución de las técnicas de desarrollo de software se hace necesario un análisis cuidadoso de las características y filosofía de las mismas. En este artículo se hace una revisión del concepto de paradigma desde diferentes puntos de vista, para luego estudiar los diferentes paradigmas de programación teniendo en cuenta la época en que se desarrollaron, sus orígenes, filosofía y los principales lenguajes de programación característicos de cada uno.

LA NOCION DE PARADIGMA

Este concepto ha sido ampliamente difundido en el mundo moderno debido a los constantes cambios que se dan todos los días, algunas de las definiciones que se conocen son:

- "Es un modelo o patrón utilizado para realizar determinada actividad".
- Según Khun es "lo que comparten los miembros de una comunidad científica, y a la inversa una comunidad científica consiste en unas personas que comparten un paradigma".

Cuando se presenta un cambio de paradigma ocurre una "revolución", siendo ésta una clase especial de cambio que implica una reconstrucción de las ideas seguidas por una comunidad científica, sin que este cambio tenga que ser de gran magnitud, ni siquiera tiene que reemplazar por completo al anterior, lo puede complementar. Normalmente tales cambios son auspiciados por miembros ajenos a la comunidad científica, quienes no están comprometidos con las ideas de un paradigma y no tienen temor de pasar de ser "expertos" a volver a ser "novatos"; por otra parte, dichos cambios también pueden ser generados por los miembros con un alto grado de especialización.

En la historia de la ciencia muchos han sido los paradigmas que han representado caos y que han dado nacimiento a nuevas formas de entender el mundo: La Física de Aristóteles, Las Leyes de Newton, La Teoría de la Relatividad de Einstein, entre otras. Así mismo el mundo ha visto cambios en la sociedad comercial, es el caso de los japoneses, que en los años

sesenta eran reconocidos por la mala calidad de sus productos y posteriormente pasaron a ser distinguidos por su tecnología y fueron tomados como modelo de estudio en las teorías administrativas.

PARADIGMAS EN DESARROLLO DE SOFTWARE Y LOS LENGUAJES DE ALTO NIVEL

En la reciente historia del desarrollo de software se han dado diversos cambios de paradigma que no han sido acogidos por todos los miembros de la comunidad científica, tal vez por el temor de convertirse en novatos. Muchos desconocen que la mayoría de cambios en esta área complementan al anterior y no lo reemplazan por completo.

El estudio de estos paradigmas permite tener claridad sobre el "estado del arte" y da pie a la obtención de una actitud crítica y a la evaluación de las tecnologías emergentes.

Para este estudio se toma como punto de partida el paso de la programación de computadores de bajo nivel (donde se utilizaba aritmética binaria para las diferentes soluciones computacionales) a lenguajes de alto nivel donde se utiliza un lenguaje natural (muy parecido al idioma inglés) para escribir los programas.

PARADIGMA DE PROGRAMACION CON SALTOS (GOTOS)

EPOCA: Década de los cuarenta.

LENGUAJES: Primeras versiones de Basic, Fortran y Cobol.

ORIGENES: Se presentó debido a la necesidad de contar con herramientas de desarrollo de programas que fueran de fácil utilización (Basic da la idea de Básico o elemental)

FILOSOFIA: Los programas permitían realizar saltos (gotos) de un punto a otro por lo tanto la lectura y mantenimiento de los mismos era complicada. En el proceso de diseño de estos programas se utilizó la diagramación libre.

Ej:

```

10 S=0
20 INPUT X
20 IF (X=0) THEN GOTO 50
30 S=S+X
40 GOTO 20
50 PRINT X
60 END

```

**PARADIGMA DE PROGRAMACION ESTRUCTURADA**

EPOCA: Décadas 50-60

LENGUAJES: Pascal, C, Mejoras de Basic, Fortran y Cobol.

ORIGENES: Se debió a la necesidad de buscar una forma más ordenada de escribir programas.

FILOSOFIA: Se eliminaron los gotos y surgieron los ciclos repetitivos while, do while. En este paradigma se utiliza la diagramación estructurada (Diagramas N-S o Nassi-Schneiderman).

Para resolver un problema, el programador centra la solución del mismo en la búsqueda de una serie de pasos lógicos de tipo Entrada-Proceso-Salida, creando programas generalmente extensos que permiten resolver el problema.

El mismo ejemplo del primer paradigma escrito en un diagrama N-S es:

INICIO
S=0
LEER X
MIENTRAS X<>0
S=S+X
LEER X
FIN MIENTRAS
ESCRIBIR S
FIN

PARADIGMA DE PROGRAMACION MODULAR

EPOCA: Décadas 50-60

LENGUAJES: Pascal, C, Cobol, Clipper y la mayoría de lenguajes modernos.

ORIGENES: Se debió a la necesidad de dividir grandes aplicaciones en pequeños bloques llamados subprogramas que fueran probados en forma independiente y luego se anexaran a la aplicación, manejando parámetros que facilitan la reutilización de código.

FILOSOFIA: Este paradigma complementa y mejora al anterior y obliga a quien lo adopte a ser organizado.

Si la aplicación es grande se divide en módulos (grupos de subprogramas) que reciben diferentes nombres dependiendo del lenguaje, así:

Librerías (Lenguaje C)
Unidades(Pascal, Delphi)
Módulos(Visual Basic)

Si la aplicación es pequeña se subdivide en procedimientos y funciones (en el caso de lenguaje C solo existen las funciones). Una función devuelve un único valor y un procedimiento no devuelve ningún valor.

Esto conlleva a la necesidad de pensar inicialmente en la forma de dividir el programa más que a escribir grandes bloques de código.

PARADIGMA DE PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS

EPOCA: Año 1967 en adelante.

LENGUAJES: Inicialmente: Simula67, Smalltalk, Eiffel. Posteriormente: C, C con Clases (C++), Pascal Orientado a Objetos, Visual Basic 4.0, Oracle Power Objects, Delphi, Borland C++ Builder, Java, entre otros.

ORIGENES: Surge como respuesta a la necesidad de hacer que el software estuviera a la par con los constantes cambios en la tecnología de hardware de la época.

FILOSOFIA: En este paradigma se busca representar la solución de un problema del mundo real por medio de una definición de objetos.

Un objeto es una entidad del mundo real que está constituida por una serie de atributos (características que la definen, propiedades) y que realiza una serie de funciones típicas (métodos, funciones u operaciones).

Una clase es la estructura de datos utilizada por la mayoría de lenguajes O.O. para representar los atributos y funciones comunes a un grupo de objetos. Sin embargo, algunos lenguajes como Pascal utilizan el nombre de objeto en este sentido causando confusión. Situación Ejemplo (Ver Figura 7).



Figura 7. Sistema Hotelero



Observando la situación real se pueden identificar objetos tipo Huésped, Recepcionista, Mesero, etc., dependiendo de la problemática a resolver.

La definición de la Clase Huésped y sus Objetos podría ser:
Atributos:

CEDULA, NOMBRE, PROCEDENCIA, NRO_HABITACION, ...
Métodos: Ingresar (Check in), Salir (Check Out), Consumir, Pagar, Bailar, Dormir (En términos prácticos sólo algunos de estos métodos podrán ser representados por funciones computacionales)

CEDULA	NOMBRE	PROCEDENCIA	NRO. HABITACION
91274237	Guillermo Rueda	Barranquilla	501
91134787	Eduardo Carrillo	Bucaramanga	203
67234567	Martha Jaimes	Armenia	201
63332641	Leidy Juliana Carrillo	Bucaramanga	502
63445850	Hilda Zambrano	Neiva	102

En este caso los objetos son cada una de las ocurrencias de una clase (instancias de una clase): Guillermo Rueda, Eduardo Carrillo, etc.

No hay una única definición de objeto, inclusive en términos de programación se define otra diferente a las expuestas: un objeto es una variable de tipo clase.

Los objetos en general pueden ser reconocidos porque son sustantivos: Huésped, Empleado, Ventana, Arbol, Botón de comando, Grafo, Lista enlazada, etc. Igualmente sus atributos son sustantivos y los métodos son verbos.

Este paradigma está soportado por tres mecanismos básicos: encapsulamiento, herencia y polimorfismo.

El encapsulamiento hace referencia a que los atributos de un objeto sólo pueden ser modificados por las funciones del mismo objeto (están encapsulados), lo que conlleva a un fácil mantenimiento y reutilización de código. El polimorfismo permite que un objeto actúe en diferentes formas dependiendo de como sea invocado.

Por medio de la herencia un objeto puede tener acceso a los métodos de otro, sin necesidad de repetir esfuerzos de programación. Para la situación de ejemplo se podría crear una clase Persona, de la cual se hereden la clase huésped, recepcionista y mesero, consiguiendo así una disminución de código de programación (reutilización).

NOTA ACLARATORIA: Muchos desarrolladores de software piensan que por estar trabajando con programas para entornos gráficos (como Visual Basic) están utilizando programación orientada a objetos, y se escucha típicamente "Qué sencilla y fácil es la programación orientada a objetos de Visual Basic!", ésto es un gran error, debido tal vez a que a partir de Windows 95 a todo se le llama objeto: botón de comando, carpeta, impresora, etc; pero implementar interfaces gráficas no implica que se esté utilizando P.O.O, si no se hace uso de los conceptos de encapsulamiento, polimorfismo, herencia que identifican a esta técnica.

PARADIGMA DE PROGRAMACION VISUAL Y POR EVENTOS

EPOCA: Décadas 80-90

LENGUAJES: Visual Basic, Visualx (Visual FoxPro, Visual C++, Visual Objects, Visual Dbase, Visual Cobol, etc), Delphi, Borland C++ Builder.

ORIGENES: Surgió por el auge de Windows como ambiente de trabajo y por la necesidad de crear programas que se ejecutaran bajo este entorno, y no simplemente utilizar los paquetes que venían con Windows.

FILOSOFIA: En este paradigma se piensa en función del usuario y de la forma en que se tiene que presentar la interface, para luego responder a las acciones que él pueda ejecutar: hacer click, doble click, enfocar un texto con el mouse (denominados eventos o sucesos) (Ver Figura 8.)

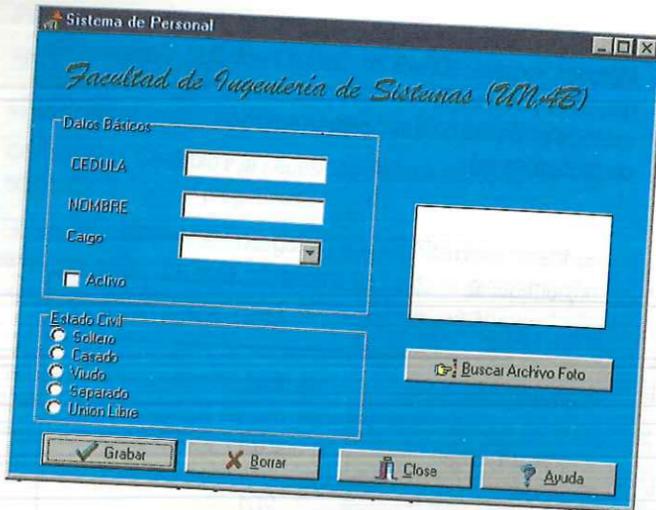


Figura 8. Paradigma de Programación Visual y por Eventos

El paradigma visual y por eventos utiliza los conceptos de los anteriores, no los desecha. Cuando se va a programar la acción de un botón de comando que diga por ejemplo PROCESAR, se deberá escribir el código para tal fin, ya que el proceso no se realizará "por arte de magia".

Lo que cambia en sí es la interface. Antes se debía digitar todo el texto que un programa solicitaba, ejemplo: sexo, estado civil, etc. Ahora basta con hacer un click y más aún se puede ver la fotografía del empleado, escuchar una grabación de la música típica de una región o visualizar el video descriptivo de un artículo que se esté cotizando.

PARADIGMA DE PROGRAMACION DE LA WEB

EPOCA: Año 1993 en adelante

LENGUAJES: Html, Java y sus diferentes compiladores (Java de Sun, Visual J++, Jbuilder, Café, etc), y sus versiones abreviadas JavaScript y Vbscript.

ORIGENES: Con el auge de internet surge la necesidad de no ser simples usuarios de la información de internet (consultar, jugar, divertirse), e inclusive superar la etapa de escribir páginas que presenten texto, gráficas, sonido y video en las mismas.

FILOSOFIA: En este punto se requiere escribir programas que puedan ser ejecutados desde un browser o visualizador de internet (como Netscape y Explorer) y que la ejecución pueda ser realizada desde por cualquier usuario en todo el mundo.

Los programas de este paradigma no simplemente presentan texto, sino que permiten realizar cálculos matemáticos y financie-

ros, manejar archivos o bases de datos, manejar acceso sencillo a protocolos de comunicación, etc.

Para empezar a trabajar con este paradigma sólo se requiere un editor de texto ASCII (como el Edit del D.O.S, el Block de Notas, o Write de Windows) y un browser como Netscape. Con el primero se puede escribir código HTML con la sintaxis apropiada y con el segundo podrá ejecutar el archivo .html (utilizando File y Open Document), no requiere tener conexión a internet.

En muchos casos a quienes empleen este paradigma se les criticará diciendo "¿Para qué se pierde el tiempo escribiendo programas que hagan páginas si el mismo Netscape permite crearlas arrastrando y pegando elementos y vínculos a una página y se genera el código sin programar?"; en este caso es apenas lógico pensar que con esas herramientas no se podrá hacer mucho más que presentar texto, crear vínculos y presentar elementos multimedia, pero no se podrá realizar ningún tipo de computación apreciable, ni incluir código en lenguajes como JavaScript y Vbscript.

Una aplicación típica de esta técnica es la posibilidad de aceptar pedidos y facturar desde un sitio Web de una empresa en internet, donde se reciba el pedido, se totalice, se envíe una copia del mismo al cliente vía correo electrónico, el cliente confirme y se cargue a su tarjeta de crédito.

En la programación de la Web hay muchos elementos por investigar y evaluar como son las tecnologías ActiveX, CGI y JavaBeans.

OTROS PARADIGMAS DE PROGRAMACION

Existen otros paradigmas que no se detallan en este artículo, pero que se mencionan a fin de sembrar interés por su conocimiento, estos son:

- La Programación Lógica se basa en la representación de la información por medio de hechos y reglas lógicas y la utilización de deducciones para responder consultas; su utilización principal se presenta en el campo de la inteligencia artificial y en sistemas basados en conocimiento (mal llamados expertos).

** La Programación concurrente (donde varios procesos pueden intercambiar datos y mantener sincronizada la información), y su aplicación en ambientes de desarrollo cliente/servidor y distribuidos que requieren una lógica especial para su construcción.

CONCLUSIONES

Los diferentes paradigmas de programación tienen como cons-

tante que surgen como un complemento del anterior y no necesariamente desechan las ideas de ese paradigma. Si bien es cierto la filosofía cambia, se mantienen muchos elementos y otros se mejoran.

En medio de tanto caos motivado por los cambios permanentes, se debe hacer el intento de evaluar las tecnologías que llegan día a día, y no simplemente asimilarlas porque son nuevas, labor que realizada en forma individual es casi imposible, y donde las universidades, a través de los grupos de investigación son la pieza principal para el desarrollo.

Resulta importante no perder la capacidad de asombrarse, no sólo por los cambios en tecnología, sino por los trabajos realizados por otros, estando siempre preparados para investigar y evaluar las tecnologías existentes y muchas otras que en el momento en que esté leyendo este artículo estarán naciendo.

BIBLIOGRAFIA

CEBALLOS, Francisco Javier. Programación Orientada a Objetos, Editorial Addison Wesley,

CEBALLOS, Francisco Javier. Enciclopedia de Visual Basic 4.0, Editorial Alfa-Omega,

JAMSA, Kris. Java Ahora, Editorial Mc-GrawHill.

KUHN, Thomas S. La Estructura de las Revoluciones Científicas.

LEMAY, Perkins. Aprendiendo html en una semana, Editorial Prentice Hall.

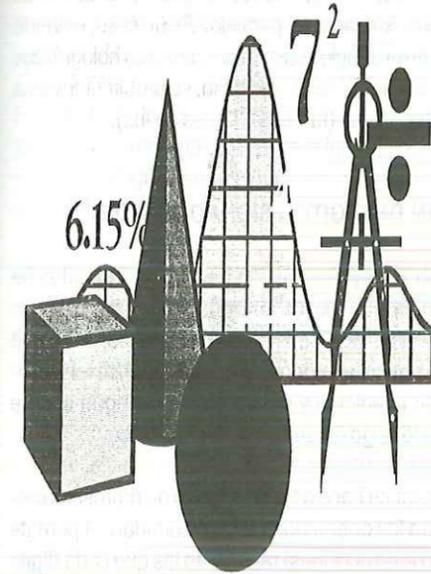
MCKINNEY, Bruce. Programación Avanzada con Visual Basic, Editorial Mc-GrawHill.

SANCHEZ, José Daniel. El camino fácil a internet, Editorial Mc-GrawHill.

SETHI, Ravi. Lenguajes de Programación.

ARITMÉTICA Y PARALELISMO

DIANA JARAMILLO
 LICENCIADA EN MATEMÁTICAS
 E-mail: diana-jaramillo@hotmail.com



“Que deberíamos cultivar el hábito de pensar en lo que estamos haciendo, es una máxima profundamente errónea, repetida en todos los textos y por las personas más eminentes cuando hacen discursos. La verdad es precisamente lo contrario. La civilización avanza ampliando el número de operaciones importantes que podemos realizar sin pensar en ellas.”

Alfred North Whitehead

instantánea en nuestra mente, con la que respondemos al medio ambiente.

Esta característica de los sistemas biológicos ha sido copiada por la industria computacional y a partir de los años 70's se han desarrollado distintas arquitecturas capaces de procesar en paralelo. Se ha logrado una conectividad desde algunos a miles de procesadores. La rapidez de cálculo en los computadores se mide en FLOPS (*Floating point operations per second* - operaciones de punto flotante por segundo).

El futuro del procesamiento paralelo es algo muy difícil de predecir; existen varios caminos que se están abriendo a través de esta investigación: opto-electrónica, semiconductores, sistemas biológicos. Dichos sistemas son prácticamente inmunes a interferencias y además su eficiencia, consumo de energía y velocidad de respuestas son bastante altos.

En la actualidad existen publicaciones de varios autores sobre los problemas (y sus fundamentos) y posibles soluciones del procesamiento en paralelo. Entre ellas las de PIERRE PELLAT-FINET, miembro de la *“École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne”*, en Francia, algunas de las cuales servirán de guía para el desarrollo de este artículo.

Actualmente la mayoría de los procesamientos por computador (a nivel de imágenes, señales, información, gráficos, etc.) están fundamentadas en el álgebra de matrices. Se hace necesario pues, mejorar la eficiencia y rapidez de los algoritmos en este proceso, muchos de los problemas (a los que intenta dar solución) requie-

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos de la computación se ha pensado en construir máquinas de cálculo capaces de realizar diversos procesos simultáneamente, es decir, en *“paralelo”*, aumentándose notablemente la eficiencia en dichos sistemas.

En los mecanismos de control y procesamiento de señales que existen en la naturaleza como son el ojo, el cerebro, el sistema nervioso, etc., se observa un alto grado de paralelismo. Posiblemente sea este el éxito del cerebro biológico, en particular el humano; la alta conectividad le permite dar respuestas en tiempo real (casi inmediato) a problemas altamente complejos.

Por ejemplo, el procesamiento de una imagen captada por el ojo requiere procesar no menos de 2^{100} bits simultáneamente. Este problema es altamente transcomputacional (es decir, excede las posibilidades de cómputo de cualquier máquina construida utilizando un tiempo exageradamente grande). Sin embargo el sentido de la vista nos proporciona una imagen *“casi”*



ren de un tiempo más real en la resolución de ciertas situaciones.

La computación en paralelo es una alternativa de solución a estas dificultades. Pero, ¿cómo garantizar esto en la computación paralela?, esta a su vez presenta inconvenientes. Por ejemplo, uno de ellos es la lentitud en la realización de operaciones elementales como la adición, la sustracción y la multiplicación de números, se trata pues, de mejorar esta situación, verbo y gracia realizando dichas operaciones "sin llevar".

Se plantea entonces, la representación de números Modificada en Dígitos Signados (MSD) y el sistema de numeración residual, que mejoran notablemente la precisión y rapidez, permiten operaciones "sin llevar" y aumentan las operaciones de punto flotante por segundo. Aunque dichos sistemas de números presentan algunas dificultades, sí aumentan las ventajas de la computación en paralelo.

Indudablemente estos sistemas contribuirán a la solución de uno de los mayores problemas planteados por la computación actualmente, "el paralelismo" y a la aplicación científica que de él se requiere: computación científica, elementos finitos, mecánica computacional (fluidos, sólidos), astrofísica, procesamiento sísmico, simulación de yacimientos, inteligencia artificial, etc.

UN PROBLEMA, UN INTENTO DE SOLUCIÓN.

Cuando se quieren realizar operaciones aritméticas elementales (adición, multiplicación) pueden ser a través de algoritmos especiales o usando tablas específicas en la memoria.

Pero con frecuencia ocurre, cuando el rango de las variables es grande, que la memoria tiene que ser muy grande. Por ejemplo, para manipular N números, la memoria necesita $N(N+2)/2$ direcciones en caso de una operación conmutativa.

Intentando mejorar esta situación, se plantea el sistema de residuos aritméticos como una posible solución para reducir la dimensión de la memoria, utilizando únicamente cálculos paralelos y en números pequeños.

Pierre Pellat-Finet y otros [5], plantean una alternativa de un procesador opto-electrónico (opto: fundamental para las conexiones, electrónico: para realizar las tareas no lineales) con elementos baratos, duraderos y con escaso consumo de energía.

Esta propuesta puede entenderse como derivada del procesador implementado con la adición MSD [3].

Fundamentalmente utiliza los residuos aritméticos (matemáticamente entendidos a través del teorema chino del residuo) que le permitirán su funcionamiento como una memoria.

SISTEMA DE NUMERACIÓN MODIFICADO DE DÍGITOS SIGNADOS (MSD).

PRESENTACIÓN.

En este artículo se pretende mostrar someramente, el aspecto netamente matemático (a nivel de generalidades, no se mostrarán los algoritmos de las operaciones básicas) del sistema MSD, se hace esta aclaración, teniendo en cuenta que la preocupación mayor de algunos de los autores, corresponde al desarrollo, construcción e implementación de un sumador en paralelo. En un caso, estando su arquitectura basada en arreglos prismáticos, arreglos holográficos y arreglos de óptica biestable; en el otro caso, su arquitectura está basada en la ópto-electrónica (fuentes o haces de luz).

REPRESENTACIÓN DE DÍGITOS SIGNADOS (SDR)

Generalidades. Con la Representación de Dígitos Signados se pretende evitar el tener que "llevar" o "transferir" a una posición hacia la izquierda en la adición y sustracción de dígitos, dada una base establecida. Es decir, el propósito fundamental de tal representación es permitir la adición y sustracción sin ningún tipo de propagación serial a lo largo de un sumador específico.

La eliminación del llevar se hace a través del uso de representaciones redundantes para los operandos. Dicha redundancia permite ejecutar adiciones (o sustracciones) rápidas en las que cada dígito de la suma (o diferencia) es únicamente función de los dígitos correspondientes a dos posiciones adyacentes de los operandos. Estas operaciones son llamadas totalmente paralelas.

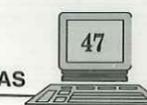
Al ejecutar este tipo de adición y sustracción la longitud de los operandos no tiene ninguna influencia sobre el tiempo de ejecución, o duración de la operación, el cual es igual al de la adición y sustracción de dos dígitos.

Normalmente si se tiene una base $b > 1$ dada, se permite un conjunto de dígitos de cardinalidad $b: D_b = \{0, 1, 2, \dots, b-1\}$, o lo que es lo mismo cada dígito puede asumir b valores desde $0, 1, \dots, b-1$. Mientras que en la representación redundante se permiten más de b valores. Sea v el número de tales valores,

$$b + 2 \leq v \leq 2b - 1 \quad (*)$$

permitiendo valores positivos y negativos.

Por ejemplo, para un sistema de base $b = 8$, el conjunto de dígitos para la representación de un número debe tener una cardinalidad mínima de 10 y máxima de 15.



La mínima redundancia necesaria en la representación de un número ($b+2$ valores) está determinada por la adición y sustracción totalmente paralela. Además el hecho de necesitarse una representación única para el valor algebraico cero de un número, determina el límite superior para la máxima redundancia ($2b-1$ valores), ya que se hace necesario que el valor de los dígitos no exceda a $b-1$.

Existe una clase de representación redundante para bases $b > 2$ que satisface los requerimientos de la adición y sustracción totalmente paralela y que presenta una única representación para el valor algebraico cero de un número, tal tipo de representación es llamada Representación de Dígitos Signados (SDR). Esta representación igualmente incluye números positivos y negativos y contienen implícitamente la información del signo, de ahí su nombre; y al igual que las representaciones redundantes cumple la desigualdad (*).

Requerimientos fundamentales para SDR. La clase de SDR es producto de cuatro requerimientos o postulados básicos, necesarios en la representación de números para operaciones aritméticas paralelas básicas.

Un número de dígitos signado está representado por $(n+m+1)$ dígitos z_i con $i = -n, \dots, -1, 0, 1, \dots, m$, y tiene un valor algebraico dado por:

$$Z = \sum_{i=-n}^m z_i$$

donde b y z_i satisfacen:

- a. La base b es un entero positivo.
- b. El valor algebraico $Z=0$ tiene única representación.
- c. Hay transformaciones entre la representación convencional y SDR para todo valor algebraico Z .
- d. La adición y sustracción totalmente paralela es posible para todos los dígitos en las posiciones correspondientes de dos representaciones.

Entremos pues, al sistema MSD que mejora notablemente las operaciones aritméticas básicas, en cuanto a precisión y velocidad se refiere y que, sin duda alguna, contribuye al paralelismo.

GENERALIDADES DE LA REPRESENTACIÓN MSD

La representación MSD constituye un caso especial de SDR, donde son modificadas algunas condiciones para permitir la propagación de los dígitos llevados o transferidos sobre dos posiciones

digitales a la izquierda. Así para base $b=2$, que es la base MSD, únicamente se requiere de $b+1$ valores en el conjunto de dígitos, para realizar las operaciones básicas.

Dicho conjunto de dígitos corresponde a $D_{msd} = \{-1, 0, 1\}$ ó lo que es lo mismo $D = \{1, 0, 1\}$. Siendo 1 el complemento lógico de 1.

La representación de un número decimal en el sistema MSD está dada por:

$$(X)_{10} = [1, 0, 1]2^N + \dots + [1, 0, 1]2^1 + [1, 0, 1]2^0$$

donde $N+1$ es el número de bits ternarios de precisión. Y uno de los dígitos en $[]$ se selecciona, para así dar la representación propia al número X dado.

Obviamente esta representación no es única.

Veamos un ejemplo:

Representar en MSD el 9, usando 5 bits ternarios de precisión:

$$(9)_{10} = (1)2^4 + (1)2^3 + (0)2^2 + (0)2^1 + (1)2^0$$

es decir, $9 = [1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]_{msd}$.

Otra forma podría ser:

$$(9)_{10} = (1)2^4 + (1)2^3 + (1)2^2 + (1)2^1 + (1)2^0$$

es decir, $9 = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]_{msd}$.

Efectivamente existen otras formas más de representación para este número decimal.

Veamos esta representación MSD de otra forma, partiendo de la representación binaria usual:

Sea N un entero. Todo entero x comprendido en el intervalo $[0, 2^{N+1}-1]$ se puede descomponer en forma única como:

$$x = \sum_{i=0}^N \xi_i 2^i \quad \text{con } \xi_i = 0 \text{ ó } \xi_i = 1$$

es decir,

$$[x] = [\xi_N \dots \xi_1 \ \xi_0] \quad (**)$$

Es claro que $2^i = 2^{i+1} - 2^i$; si en (**) encontramos la secuencia 0 1, lo anterior nos permite reemplazarlo por la secuencia 1 1, veamos:

La secuencia 0 1 implica que en algún momento ocurre algo así:

$(0)2^i + (1)2^{i-1}$ y aplicando la igualdad anterior obtenemos:

$$(0)2^i + (1)2^{i-1} = (0)2^{i+1} - (0)2^i + (1)2^i - (1)2^{i-1} = (1)2^i + (1)2^{i-1}$$

o lo que es lo mismo 1 1.

De esta forma entramos a la representación **MSD** del entero x (que exige tres dígitos 1, 0, 1).

Así (**) queda entonces:

$$[x] = [\xi_N \dots \xi_{i+2} \ 0 \ 1 \ \xi_{i-1} \dots \xi_0]$$

ó equivalentemente,

$$[x] = [\xi_N \dots \xi_{i+2} \ 1 \ 1 \ \xi_{i-1} \dots \xi_0]$$

es decir,

$$x = \sum_{i=0}^N x_i 2^i, \text{ con } x_i = 0 \text{ ó } x_i = 1 \text{ ó } x_i = 1$$

es decir,

$$[x] = [x_N \dots x_i \dots x_0] \quad (***)$$

Si regresamos al ejemplo, la primera representación **MSD** del 9:

$$9 = [1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1], \text{ puede ser también}$$

$9 = [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1]$ (el lector fácilmente lo podrá verificar). Vale anotar que la representación binaria ordinaria (**) puede

entenderse como un caso particular de la representación **MSD** (***)

La representación de los enteros negativos es fácil, a partir de un entero $[x]$ positivo podemos obtener $[-x]$ ó $[x]$, cambiando 1 por 1 y 1 por 1. Así por ejemplo:

$$-9 = 9 = [1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1].$$

Nótese pues, que la representación **MSD** de un entero involucra la información del signo de dicho entero.

De esta forma el intervalo de x se amplía a:

$$[-(2^{N+1} - 1), 2^{N+1} - 1] = [-2^{N+1} + 1, 2^{N+1} - 1].$$

BIBLIOGRAFIA

- [1]. AVIZIENIS, Algirdas. *Signed-Digit Number Representations for Fast Parallel Arithmetic*, IEEE Transactions on Electronic Computers, 1961.
- [2]. DRAKE, Barry y otros. *Photonic Computin Using the Modified Signed-Digit Number Representation*, Optical Engineering 25(1), Enero, 1986
- [3]. JARAMILLO, Diana. *Aplicación de la Teoría de Números a la Computación*, Trabajo de grado, UIS, 1994.
- [4]. PELLAT-FINET, Pierre y ARMAND-GUERINEAU, Isabelle. *An Opto-Electronic Based on Modified Signed Digit Representation of Numbers*. Optics Communications 98, 1993
- [5]. PELLAT-FINET, Pierre y otros. *An Opto-Electronic Processor for Residue Arithmetic*.

CRISTALES FOTORREFRACTIVOS: DETERMINACION DEL COEFICIENTE ELECTRO-OPTICO

JORGE ENRIQUE RUEDA
FISICO, MSC. FISICA
TRABAJO PREMIADO CON EL 3º PUESTO XVII
CONGRESO NACIONAL DE FISICA
E-mail: jrueda@bumanga.unab.edu.co

RESUMEN

Se conoce por actividad óptica natural a la propiedad de algunos materiales de rotar el plano de polarización de la luz polarizada linealmente cuando ésta atraviesa el medio.

La actividad óptica es un efecto distorsionante en los procesadores que utilizan cristales fotorrefractivos, dificultando la interpretación de la señal en la salida del procesador, inconveniente debido al desfase adicional causado por la actividad óptica (tan importante como el generado por el efecto fotorrefractivo). Los cristales de $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO) y $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ (BGO) presentan una fuerte actividad óptica del orden de 22 grad/mm (poder rotatorio) para una longitud de onda de 633nm y 80 grad/mm para 400nm.

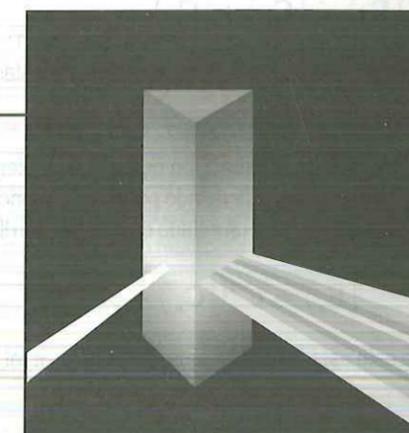
En este trabajo se presenta un procesador óptico que permite filtrar el desfase introducido por la actividad óptica. Este procesador se utilizó para determinar el coeficiente electro-óptico de un cristal de BGO.

SUMMARY

The property of some materials to spin the polarization plane of light, polarized lineally when it crosses the middle is known as the natural optical activity. Optical activity is a distorting effect in the processors that use photorefractive crystals, complicating the interpretation of the signal in the processor's exit, the inconvenience due to the additional gap caused by the optical activity (as important as that generated by the photorefractive effect). The $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO) and $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ (BGO) present a strong optical activity in the order of 22grad/mm for a wave length of 633nm and 80 grad/mm for 400nm. This work presents and optical processor that allows the introduced gap to be filtered by the optical activity. This processor is used to determine the electro-optical coefficient of the BGO crystal.

INTRODUCCION

Los cristales fotorrefractivos son materiales electro-ópticos que permiten almacenar información, codificada como variaciones de índice de refracción en su estructura cristalina, utilizando un haz de luz.



La información registrada se puede decodificar, actualizar ó borrar, de forma similar al proceso de almacenamiento, mediante un mecanismo óptico. Los procesos anteriores son posibles gracias al efecto fotorrefractivo, este consiste en una variación espacial del índice de refracción del material por acción de la luz portadora de la información que incide en el cristal.

La capacidad de almacenamiento es competitiva (en teoría); en un cristal de 1000mm^3 se podrán almacenar 250 imágenes holográficas, equivalente a 12.5 Gbytes de memoria. Otras posibilidades, que actualmente son tema de estudio, son la construcción de memorias ROM+RAM, operaciones lógicas, amplificación de imágenes, multiplexado, pseudocoloreado, filtrado óptico en tiempo real, operaciones de correlación, registro de hologramas, mezclado de ondas, filtros interferenciales, entre muchas otras aplicaciones que han surgido y pueden surgir a raíz de las investigaciones que sobre esta tecnología se desarrollan en busca de nuevas aplicaciones y la implementación comercial de las ya establecidas en los laboratorios.

Actividad óptica. La electrodinámica clásica de Maxwell facilita en cierta forma el estudio de los fenómenos ópticos relacionados con la dispersión. Mediante esta teoría se demuestra la independencia entre la actividad óptica y el efecto electro-óptico.

Toda onda polarizada se puede descomponer en dos estados de polarización lineal, de igual forma como se descompone en un material birrefringente, estados de polarización lineal ordinario y extraordinario. Similarmemente, este fenómeno se puede descomponer en dos estados de polarización, circular derecha

y circular izquierda [1,2]. Si $|E_e\rangle$ representa el campo, polarizado linealmente, a la entrada de un cristal ópticamente activo, éste se puede representar como la suma de dos estados de polarización circular, $|C_+\rangle$ derecha y $|C_-\rangle$ izquierda:

$$|E_e\rangle = |C_+\rangle + |C_-\rangle \quad (1)$$

El medio activo introducirá en cada estado un desfase proporcional

a la diferencia en camino óptico, $\delta = \frac{2}{\lambda} \pi (n_+ - n_-) e$. Siendo n_+ y n_- los índices de refracción derecho e izquierdo respectivamente y e el espesor atravesado por la luz. Entonces la luz emergente del material tiene un estado de polarización lineal:

$$|E_s\rangle = e^{-j\frac{\delta}{2}} |C_+\rangle + e^{+j\frac{\delta}{2}} |C_-\rangle \quad (2)$$

Si bajo este estado la onda es desfasada en π , el nuevo estado es:

$$|E_r\rangle = e^{j\pi} [e^{-j\frac{\delta}{2}} |C_+\rangle + e^{+j\frac{\delta}{2}} |C_-\rangle] \quad (3)$$

Si $|E_r\rangle$ atraviesa nuevamente el cristal, sus autoestados, en su orden, sufren un retardo de $e^{\pm j\frac{\delta}{2}}$, respectivamente. Adicionando a este último estado un desfase de π , se genera un estado de polarización lineal igual al estado inicial dado por la expresión (1):

$$|E_e^A\rangle = [|C_+\rangle + |C_-\rangle] e^{j2\pi} = |E_e\rangle \quad (4)$$

Actividad óptica y efecto electro-óptico. La actividad óptica introduce, sobre una onda polarizada linealmente que atraviese el cristal, una rotación del plano de polarización igual a $e\rho_0$ (e es el espesor del cristal y ρ_0 el poder rotatorio).

El efecto electro-óptico introduce un desfase igual a

$$\frac{2\pi}{\lambda_0} n_o r_{41} E$$

donde λ_0 es la longitud de onda de la radiación utilizada, n_o es el índice de refracción del cristal, r_{41} es el coeficiente electro-óptico del cristal y E es el campo externo aplicado a los electrodos del cristal. Así el desfase total generado por acción de los dos efectos es la suma pitagórica de los retardos debidos al ruido activo y al efecto electro-óptico.

$$\Delta = e \sqrt{4\rho_0^2 + \left[\frac{2\pi}{\lambda_0} n_o r_{41} E \right]^2} \quad (5)$$

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El procesador propuesto (PCECA) es un arreglo constituido por un Polarizador-Cristal fotorrefractivo-Espejo-Analizador, divisor de haz (BS) (Ver figura 9).

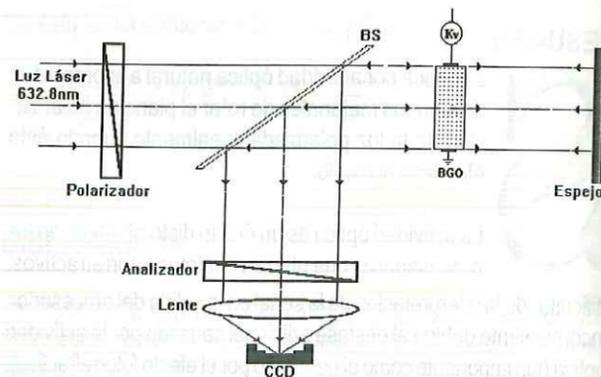


Figura 9. PCECA

El sistema propuesto tiene las características del modelo teórico. El funcionamiento del PCECA lo describe la siguiente expresión obtenida mediante el formalismo de Jones^[3]:

$$|E_s\rangle = A(0)R(\pi)R\left(-\frac{\pi}{4}\right)WR\left(\frac{\pi}{4}\right)R(\pi)R\left(-\frac{\pi}{4}\right)WR\left(\frac{\pi}{4}\right)P\left(\frac{\pi}{2}\right)|E_e\rangle \quad (6)$$

De donde A , P y W son las matrices de transferencia del analizador, polarizador y cristal fotorrefractivo; R es una matriz de rotación de coordenadas^[3,4]. Para una posición relativa de perpendicularidad entre el polarizador y el analizador el efecto de la actividad óptica, sobre la onda reflejada del espejo (desfase de π) y refractada luego en el cristal y reflejada en el BS (desfase de π), se puede sustraer. La expresión (4) muestra que la polarización antes del analizador es lineal y paralela al eje óptico del polarizador, luego después del analizador el poder rotatorio es nulo. Si el cristal está bajo la acción del efecto electro-óptico y la de la actividad óptica, la señal de salida portará solo el desfase debido al primer efecto, entonces la intensidad en la salida del sistema es:

$$I = I_0 \text{Sen}^2 [2\Delta] \quad (7)$$

De donde Δ es el desfase introducido por efecto electro-óptico.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el PCECA se determinó el coeficiente electro-óptico r_{41} de un cristal de BGO en configuración HUIGNARD, de dimensiones $(12 \times 10 \times 1) \text{mm}^3$. En la salida del sistema se dispuso un sensor ccd para medir las variaciones de intensidad que permiten, mediante la relación (7), calcular la diferencia de fase introducida por efecto electro óptico (Ver figura 10).

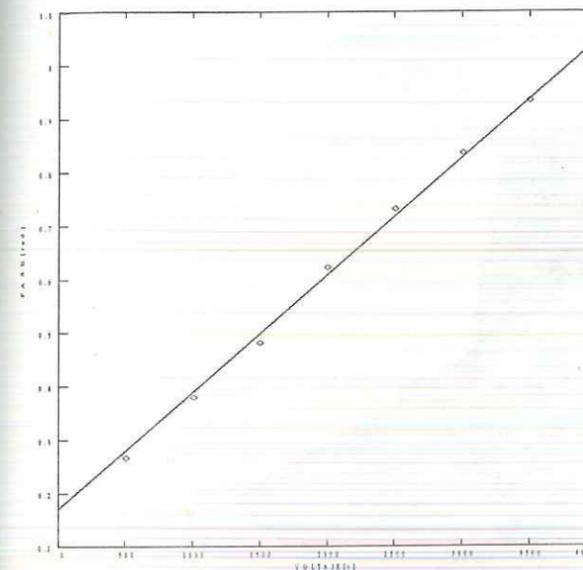


Figura 10. Fase vs Voltaje

Según el procedimiento de ajuste de datos utilizado, para los resultados de la figura 2, la correlación entre ellos es lineal, la cual representamos matemáticamente por la siguiente expresión:

$$\Phi = KV + \Phi_0 \quad (8)$$

Donde Φ es la FASE, Φ_0 es la incertidumbre de extinción de los polarizadores utilizados, V es el voltaje aplicado al cristal y K la constante de correlación. El valor de K encontrado, a partir de la gráfica de la figura 2, es $2.19 \times 10^{-4} [\text{rad/v}]$, y para $\Phi_0 = 17 \times 10^{-2} [\text{rad}]$. En (8) el término KV es igual a $2D$. Si reemplazamos el desfase D , se obtiene:

$$r_{41} = \frac{\lambda_0 l}{2\pi n_o^3} K \quad (9)$$

Así el coeficiente electro-óptico se puede calcular mediante (9) una

vez K sea determinada. El valor del coeficiente electro-óptico determinado para el cristal de BGO, cuyas características fueron mencionadas anteriormente, es $4.1 \times 10^{-12} [\text{m/v}]$, para la longitud de onda 632.8nm .

Este resultado coincide con el reportado por [GUNTER] ($4 \times 10^{-12} \text{m/v}$)^[4]. Resultados diferentes han publicado [AMNON]^[2] y [CHMYREV]^[5], el primero reportó un valor de $3.4 \times 10^{-12} \text{m/v}$ para una longitud de onda de 630nm , y el segundo $3.8 \times 10^{-12} \text{m/v}$. HENRY^[5], en su tesis Doctoral determina el r_{41} de cristales de BSO con un sistema denominado «Método del compensador», cuya restricción principal consiste en que debe usarse luz circularmente polarizada porque la utilización de luz linealmente polarizada en este sistema genera un alto grado de dificultad en el análisis de los datos experimentales; esta restricción imposibilita p.e. hacer medidas dinámicas de la fase, dificultad que se puede salvar con el sistema propuesto (PCECA).

Este procesador se puede utilizar para hacer medidas de coeficientes electro-ópticos de materiales ópticamente activos. Así mismo creemos que sin mayores dificultades, el procesador PCECA podría ser utilizado en medidas dinámicas de la fase, en este tipo de materiales.

BIBLIOGRAFIA

- [1] NYE J. Propriétés Physiques de Cristaux, Ed. Masson, París, 1985.
- [2] BAQUEDANO J. Espectroscopía de Centros fotorrefractivos en el Niobato de Litio, Silicato y Germanato de Bismuto, Madrid-España, 1989.
- [3] RUEDA J., Cristales Fotorrefractivos: Optimización teórica de la birrefringencia inducida en función del tallado; Pseudocoloreado y determinación del coeficiente electro-óptico r_{41} del Germanato de Bismuto, Tesis-Magister en Física, UIS, Bucaramanga Colombia, 1996.
- [4] GUNTER P. y HUIGNARD J. Appl. Phys. vol. 61 y 62, Springer Verlag, 1988.
- [5] HENRY M. Propriétés opto-électronique de l'oxyde de bismuth silicium. Photoconductivité, effet électro-optique, photoréfringence. Tesis Doctoral, París, 1984.

LAS CIENCIAS BASICAS: UNA DISCULPA PARA ENSEÑAR A PENSAR

YANETH ROCIO ORELLANA
LICENCIADA EN MATEMATICAS
MAESTRIA EN ENSEÑANZA DE LAS MATEMATICAS
E-mail: yorellan@bumanga.unab.edu.co

LIGIA BELEÑO MONTAGUT
FISICA
MAESTRIA EN FISICA
E-mail: lbeleno@bumanga.unab.edu.co

RESUMEN

Hoy más que nunca es un hecho que el problema de la educación no es un problema de información, sino un problema de formación. Dado que la información está por todas partes y es posible acceder a ella desde cualquier sitio, lo importante es tener la capacidad para comprender esa información; es por esta razón que en las ciencias básicas se debe enseñar a los alumnos básicamente a pensar, en otras palabras, las matemáticas, la física y la química deben utilizarse en la universidad como un pretexto para desarrollar en el estudiante capacidad de abstracción, de análisis, de transferencia, de juicio, en fin, para el logro del desarrollo axiológico del individuo.

En los casi dos años que llevamos implementando el aprendizaje estratégico en nuestras clases en la universidad, hemos notado cómo nuestros estudiantes han adquirido habilidades para interpretar los códigos propios de las matemáticas y la física, para analizar situaciones, para abstraer, para formular hipótesis y razonar lógicamente, pero ante todo, y lo más significativo de esta experiencia, han adquirido habilidades para aprender a aprender por su propia cuenta, y para aprender a pensar con las consabidas ventajas que el saber pensar tiene tanto para el profesor como para el alumno.

En los casi dos años que llevamos implementando el aprendizaje estratégico en nuestras clases en la universidad, hemos notado cómo nuestros estudiantes han adquirido habilidades para interpretar los códigos propios de las matemáticas y la física, para analizar situaciones, para abstraer, para formular hipótesis y razonar lógicamente, pero ante todo, y lo más significativo de esta experiencia, han adquirido habilidades para aprender a aprender por su propia cuenta, y para aprender a pensar con las consabidas ventajas que el saber pensar tiene tanto para el profesor como para el alumno.

CUAL ES EL PROBLEMA?

Gran parte de nuestro aprendizaje escolar fue adquisición de datos, muy poco ejercicio sobre operaciones intelectuales. De la información que aprendimos al transitar por la escuela tradicional la mayoría abandonó nuestra memoria, ya no habita en ningún espacio mental. Fuimos solo instruidos, no formados intelectualmente⁽¹⁾.

Durante mucho tiempo (hasta diez años atrás), se pensaba que los estudiantes que guardaban en su memoria la mayor cantidad de información por unidad de tiempo eran más inteligentes, debido



a que el acceso a la información en ese entonces era dispendioso; la información se encontraba en las bibliotecas, y en sitios muy puntuales. Hoy en día, gracias a los grandes desarrollos en las comunicaciones, puede tenerse acceso a cualquier tipo de información del mundo en cuestión de segundos, desde nuestra casa, nuestra oficina y prácticamente desde cualquier lugar; por esta razón, hoy es más importante la habilidad para resolver problemas con el análisis adecuado y la habilidad para comunicar a los demás las soluciones planteadas.

"En el análisis presentado en el documento de los sabios se vio que Colombia acusa serios problemas en el campo de la educación reflejados en las altas tasas de repitencia, deserción, deficiencia docente y pedagógica, inadecuados materiales e infraestructuras, indisciplina y falta de educación para la democracia y la competencia. Se añade la inexistencia de un currículo integrador que estimule la creatividad y fomente las destrezas del aprendizaje, lo que actualmente contribuye al bajo nivel general de la educación, además de la falta de información actualizada y de materiales adecuados"⁽¹⁾.

Todos los problemas mencionados en el párrafo anterior, evidencian que se están cometiendo errores en la educación

¹ Para complementar estas ideas, véase la revista Educación y Cultura de FECODE, mayo de 1.996. COLOMBIA AL FILO DE LA OPORTUNIDAD: Informe Conjunto, Misión Ciencia, Educación y Desarrollo, 1.994.

² Varias de las ideas que aparecen a través de esta reflexión son tomadas del seminario "¿Cómo potenciar la inteligencia?", dictado por el Dr. Miguel de Zubiría Samper. 1.997.

escolar, pensamos que uno de los más importantes es el no enseñar procesos de pensamiento a los estudiantes como son: deducir, inducir, argumentar, derivar, ejemplificar y proposicionalizar, entre otros².

La ley general de educación propone que se cambie también la metodología de la enseñanza, puesto que lo importante ya no es que los alumnos vean ciertos temas, sino que éstos sirvan de puente para que el alumno se forme en su desarrollo mental, afectivo y psicomotor, consciente y voluntario, en donde el educador es asesor metodológico antes que expositor temático³.

Los docentes, a través de los temas de una determinada asignatura pretendemos desarrollar la inteligencia de nuestros alumnos, y resulta que la inteligencia humana es un conjunto binario con dos elementos: instrumentos y operaciones.

"Aquellos que conocen una persona y le sirve para interpretar y comprender situaciones o ideas son sus instrumentos de conocimiento. Las habilidades cognitivas mediante las cuales pone a funcionar los instrumentos de conocimiento son sus operaciones intelectuales"⁴.

De nada vale que hagamos un gran esfuerzo para que los estudiantes se apropien de instrumentos de conocimiento si no nos esforzamos también por el desarrollo de sus operaciones intelectuales. Así pues, estamos frente a una gran verdad: un profesor que promueva la inteligencia debe fortalecer las operaciones intelectuales, es decir enseñar a pensar.

COMO SOLUCIONARLO?

Enseñando a aprender y a pensar

Dentro de la formación de los estudiantes, el reto más importante para la escuela del siglo XXI es desarrollar la capacidad de pensar eficazmente en los alumnos.

En la edad media era relativamente sencillo "ser sabio", actualmente la cantidad de conocimiento es tan grande que hay que especializarse y superespecializarse para alcanzar un modesto dominio en algún campo del conocimiento científico. El conocimiento asociado a una cultura crece a ritmo acelerado y es afortunado que el cerebro humano no necesite tener toda la información existente.

Así pues, lo interesante sería que cuando el estudiante acceda al pantallazo y se encuentre frente a la información, pueda entenderla, lo que la escuela debe hacer entonces es desarrollar los procesos de pensamiento.

Cuando se analiza la necesidad de enseñar y aprender a pensar

dentro de un grupo de docentes universitarios, la preocupación crece, pues en nuestras manos se encuentra la última oportunidad para que esas personas que estamos ayudando a formar, aprendan a pensar y a aprender por su propia cuenta, y es que estamos ubicados en el escalón final de la pirámide de la educación formal, y aquí aún tenemos la posibilidad de formar las mentes de los estudiantes para:

- **Un aprendizaje autorresponsable para toda la vida:** hoy en día un factor decisivo en el éxito profesional es la disponibilidad para aprender. Para un profesional, el aprendizaje ya no puede ser predeterminado por segundos o terceros, y cada día más los títulos académicos y los diplomas que en la actualidad juegan un papel decisivo en las carreras profesionales van siendo desplazados por la capacidad para aprender a aprender.
- **Un aprendizaje motivado:** necesitamos que para nuestros alumnos el aprendizaje tenga un carácter tan placentero que lo haga similar al del ocio, para lo cual la motivación debe estar dentro del proceso de aprendizaje.
- **Un aprendizaje autónomo:** debe ser el propio aprendiz, quien fije el tiempo, la velocidad y el camino del aprendizaje.
- **Entrenamiento según la demanda:** el aprendizaje viene hacia el aprendiz, a su puesto de trabajo, a la oficina donde labora o en su casa. Los alumnos deben prepararse para un aprendizaje individual, en el momento preciso, en el lugar preciso⁴.

Cuando hablamos acerca de las ventajas que tiene para los estudiantes el aprender a pensar eficazmente, concluimos que no solamente es importante considerar que pensar en forma correcta mejoraría considerablemente el rendimiento académico de los estudiantes, sino que lo verdaderamente importante es que hoy en día pensar eficazmente no es una habilidad deseable sino imprescindible para la supervivencia personal, laboral y social.

Estamos convencidos de que más importante que enseñar datos a nuestros estudiantes a través de las distintas asignaturas que impartimos, es la tarea de desarrollar en las personas que deseamos formar mentes críticas que hayan desarrollado competencias para saber qué debe o no creerse de todo el cúmulo indiscriminado de datos que estamos recibiendo a cada momento en la era de la información.

En nuestro caso, y para lograr el objetivo de enseñar a pensar a nuestros estudiantes, hemos optado por el Aprendizaje estratégico, que implica una metodología donde el enseñar a los estudiantes la mejor forma de acceder al conocimiento específico que impartimos, se hace de forma planeada e intencional y no por casualidad como ocurre en las metodologías tradicionales.

Utilizando el aprendizaje estratégico

Una clasificación de los tipos de pensamiento muy conocida es la siguiente:

- **Pensamiento reactivo:** Caracterizado porque es pegado a los datos, trata de copiar exactamente el mensaje para poder reproducirlo y no controla su comprensión.
- **Pensamiento relacionante:** En el cual se hace un esfuerzo de conexión entre la información que se posee y la nueva información.
- **Pensamiento inquisitivo y extensivo:** Este tipo de pensamiento no solo activa los conocimientos adquiridos con anterioridad para tratar de comprender, sino que además se cuestiona acerca de la corrección del mensaje y se plantea los propósitos y la intencionalidad del emisor.

El ideal educativo sería formar estudiantes que posean un pensamiento inquisitivo y extensivo que no sea pegado a los datos como es el caso del pensamiento reactivo, ni que se quede en la tarea de relacionar los nuevos conocimientos con los conocimientos previos que posee el aprendiz, sino que además se produzca un pensamiento crítico y divergente. Una forma de desarrollar este tipo de pensamiento, es la aplicación de estrategias de aprendizaje, entendidas como:

"Actos intencionales coordinados y contextualizados que consisten en aplicar una serie de métodos y procedimientos que median entre la información y el sistema cognitivo, con el fin de alcanzar un objetivo de aprendizaje"⁵.

Del párrafo anterior observamos que el papel del profesor es el de actuar como mediador entre el conocimiento (información) y el aprendiz, para lo cual el profesor tiene que proporcionar nuevos conocimientos que se puedan relacionar con los que el alumno ya tiene. Para facilitar este proceso, tanto el profesor como el estudiante deben conocer el "Punto de partida conceptual" si quieren avanzar de un modo más eficiente en el aprendizaje significativo.

En el epígrafe de su libro Psicología Educativa, David Ausubel afirma: *"Si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñese en consecuencia"⁶.*

Siendo mediadores en el proceso de aprendizaje.

Para el aprendizaje estratégico se necesita de un profesor estratégico, que diseñe las estrategias y actúe como mediador en los procesos de aprendizaje; además, se necesita de un alumno estratégico que planee conscientemente cada una de las acciones que va a realizar en la tarea de apropiarse de un conocimiento específico.

Somos conscientes de que en la formación integral de un ingeniero es imprescindible hacer énfasis en el desarrollo de habilidades de pensamiento del estudiante, las cuales le permitan enfrentar eficazmente los retos que la tecnología les presenta día a día. Para formar un estudiante que piense estratégicamente, que haga un aprendizaje significativo y que desarrolle habilidades para aprender a aprender, se requiere de un profesor estratégico que actúe como mediador en los procesos de aprendizaje.

Si bien es cierto que muchas veces utilizamos la frase "el alumno es responsable de su propio aprendizaje" en la cotidianidad de nuestra labor educativa, también es cierto que el profesor desempeña un papel primordial al actuar como agente activo que media entre el alumno (principal protagonista y agente activo del aprendizaje), y la cultura o información (concretada en los contenidos del currículo) y hace posible que estos dos elementos entren en contacto.

A la mayoría de las asignaturas, los estudiantes llegan con una marcada tendencia al aprendizaje memorístico, lo cual les impide desarrollar procesos de pensamiento que les permitan analizar, razonar lógicamente, deducir y en general realizar funciones psicológicas superiores. Aquí es donde el profesor debe intervenir para dar a los estudiantes estrategias de autorregulación.

Si deseamos que nuestros alumnos logren un aprendizaje significativo debemos enseñarles estrategias de control y autorregulación que permitan la retroalimentación en el proceso de aprendizaje y creen alumnos autosuficientes a la hora de aprender. Si no enseñamos estrategias de autorregulación, el proceso de aprendizaje se detiene cuando el alumno aprende el contenido y solo provocaremos un aprendizaje mecánico.

La autorregulación y el control pueden enseñarse, pero se requiere para ello que el docente sea él mismo un profesor estratégico, consciente de las relaciones que crea entre los conceptos que sabe y aprende, y los procedimientos que mejor le sirven para crear estas relaciones. El profesor no solo debe ser estratégico en su aprendizaje, sino también en su acción docente, lo cual implica la planificación, regulación y evaluación de su acción educativa.

Así pues, seremos profesores estratégicos cuando seamos capaces de enseñar a nuestros alumnos a ser aprendices expertos, enseñándoles estrategias de aprendizaje y siendo capaces de autorregular nuestra acción educativa por la utilización de estrategias de enseñanza.

RESULTADOS

Con el ánimo de verificar si las estrategias aplicadas en nuestras



clases de matemáticas y física estaban surtiendo efectos positivos en los procesos de aprendizaje de nuestros alumnos, diseñamos una serie de preguntas abiertas, que permitieran a los estudiantes opinar de manera personal al respecto. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

De 16 formas de estudiar expuestas por los estudiantes encuestados (107), se destacan las siguientes: El 86% de ellos considera que su método de estudio fundamental son las consultas y ejercicios en otros textos; el 57.9% realiza los talleres en grupo diseñados previamente por el profesor y el 31.8% estudia por los apuntes tomados en clase.

De 13 actividades desarrolladas por el profesor durante la clase, planteadas por los estudiantes: el 42.9% de los alumnos opina que los puntos positivos asignados por su participación han contribuido para su aprendizaje, el 30.4% dice que los talleres han contribuido, el 25% está a favor de las exposiciones con retroalimentación y el 19.6% opina que los trabajos en grupo y los trabajos dirigidos son los que más han contribuido.

De 11 cambios percibidos por los estudiantes respecto a su forma de pensar, al finalizar las clases, sobresalen los siguientes: el 39.2% ha desarrollado su capacidad de análisis, el 27.5% ha desarrollado habilidades lógicas y el 21.6% ha cambiado su forma de estudiar y de ver la materia.

CONCLUSIONES

- Actualmente podemos afirmar que es posible enseñar a pensar de manera eficaz.
- Al analizar el por qué es deseable enseñar a pensar con eficacia, encontramos que son muchas las ventajas que se obtienen, no solo para el alumno, sino también para el profesor.

■ Para lograr el éxito profesional en el futuro, será indispensable pensar eficazmente.

■ El tipo de pensamiento flexible, adaptativo y estratégico que deseamos posean nuestros estudiantes, debe construirse y desarrollarse durante la enseñanza de cada una de las asignaturas que conforman el currículo de la carrera.

■ Para que un alumno llegue a ser un aprendiz experto y estratégico, debe tener como herramientas:

- Piezas fundamentales que lo conduzcan a ideas sólidas.
- Una buena metodología de estudio.
- Un profesor que planifique, regule y evalúe su acción docente de acuerdo con el contenido, el lugar y el estudiante.

BIBLIOGRAFIA

[1] DE ZUBIRIA, Miguel, Instrumentos y Operaciones Intelectuales, Módulo 4, Santafé de Bogotá, 1.996, Pág. 3-9.

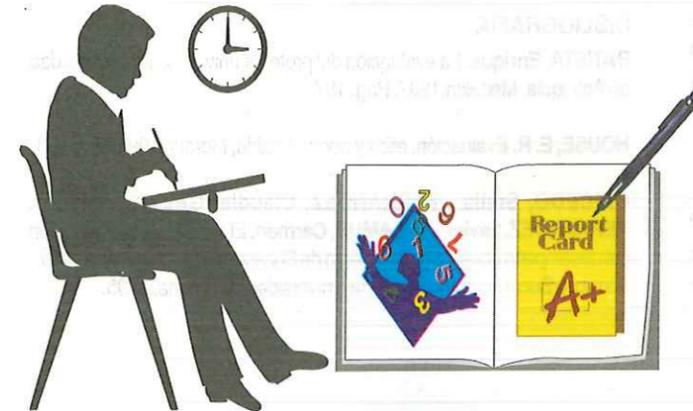
[2] FIALLO, Jorge Enrique, Reflexión sobre la ley general de educación en Colombia, Bucaramanga, 1.997, Pág. 1-4.

[3] CAJAMARCA, Carlos Enrique, Aprender a educarse ser y obrar, 1.995.

[4] HAGMANN, Volker, Revista Contact 97/1, "Nuevos rumbos en la enseñanza de la electrotécnica y electrónica con multimedia, Ed. Leybold Didactic GmbH, Pág. 26-27.

[5] CASTRO, Aura Luz, y REINAUD, Adelia, Seminario estrategias de enseñanza y aprendizaje, Bucaramanga, 1.996, Pág. Módulos 6, 8 y 9.

[6] AUSUBEL, David, Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo, México, 1.978.



SOBRE LA EVALUACION

JAVIER HERNANDEZ CACERES
 LICENCIADO EN MATEMATICAS UIS
 Msc. EDUCACION
 E-mail: jheman1@bumanga.unab.edu.co

En el contexto de la educación y la pedagogía la evaluación es uno de los temas menos tratados y más mal tratados. Además la evaluación no es considerada como una expresión pedagógica. A pesar de su importancia el término evaluación no tiene tradición dentro de los planteamientos pedagógicos, de ahí que los estudios realizados hasta el momento aportan sólo puntualizaciones acerca de cómo hacer preguntas para un examen y no sobre algún tópico especial de lo evaluativo.

Al hablar sobre evaluación es interesante realizar el ejercicio mental: Ser el otro. Cómo me siento cuando soy sujeto u objeto de evaluación? Ponerme la camisa del otro, cómo me queda? Cómo me siento con ella? Qué le sobra o Qué no tiene, Qué desearía que tuviera? etc... Hay cierta tendencia a juzgar al otro, sin detenerse primero a realizar una mirada crítica y auto-reflexiva sobre el sentido de la evaluación, que nos lleve a concebirla como un modo de pensar el quehacer educativo, desde el reconocimiento de las diferencias y los consensos; antes de asumirla como sólo medición de resultados, con indicadores precisos de eficiencia, efectividad, rentabilidad y relación costo-beneficio que es lo tradicional.

Un proceso de evaluación llamado en toda Institución Educativa, a la luz de los lineamientos del proyecto educativo institucional; es la evaluación de docentes. Proceso que causa entre los afectados casi siempre molestias, fastidio, rechazo, y hasta fobia. Lo anterior, por todos los paradigmas en que siempre nos hemos movido en el contexto educativo, asumir la evaluación como función de medición, de control a través de la aplicación de

algunos instrumentos incoherentes con la realidad escolar.

Una buena evaluación de docentes debe propiciar la revisión, de la formulación del maestro, no tanto desde las técnicas y modalidades de calificación, medición, evaluación; sino desde la ubicación de unas relaciones reales entre Maestro-Alumno, Maestro -Padre de familia, Maestro- Comunidad, Maestro-Directivos, Escuela - Sociedad; las cuales harán que la escuela y el maestro asuman un verdadero, papel de liderazgo integral, y, no de imposición y transmisión de conocimientos únicamente.

Todos nosotros, independientemente del nivel de conciencia que poseamos, tenemos una manera de comprender la vida, la naturaleza, los procesos físicos, humanos y sociales. Dicha comprensión sale a la luz sobre todo cuando opinamos o discutimos sobre un determinado fenómeno o proceso. Allí aflora nuestro paradigma, pleno no sólo de ciertos contenidos o principios (teorías) sino también de Modelos (métodos), que creemos para acceder o construir conocimiento.

En una perspectiva innovadora se reconoce la importancia de la evaluación como posibilidad de **conocer para comprender y de comprender para transformar**. De tal suerte que se pueda dar cuenta de lo que acontece en la cotidianidad escolar, en múltiples relaciones para tomar decisiones sobre los factores que inciden en el éxito o el fracaso escolar.

La evaluación es un proceso fundamental en el reconocimiento de la calidad. Dado que la calidad es multidimensional y compleja, el tipo de evaluación que la acompaña debe ser

capaz de enfrentar procesos complejos. La calidad de la evaluación no puede ser determinada en un único momento y no debe ser considerada como definitiva, aunque los datos obtenidos si se pueden considerar como aportes para comprender lo que se ha construido.

La participación de la comunidad educativa, y el reconocimiento de la importancia de la visión más justa y constructiva de las evaluaciones, permitirá una toma de decisiones más equitativa y demo-

crática.

BIBLIOGRAFIA

BATISTA, Enrique. La evaluación del profesor universitario, Universidad de Antioquia, Medellín, 1987, Pág. 187.

HOUSE, E. R. Evaluación, ética y poder, Madrid, Morata, 1994, Pág. 271.

CAICEDO, Stella . FERNANDEZ, Claudia. GALVIS, Amparo. HERNANDEZ, Javier. LAMUS, Carmen. El sentido de la evaluación del desempeño docente en un colegio de Bucaramanga, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Pontificia Universidad Javeriana, 1995.



FACULTAD

EL FACTOR HUMANO EN LA FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS



Visita al ancianato del Angel del Norte

NUBIA LIZARAZO VILLAMIZAR
(q.e.p.d.)

ING. EDUARDO CARRILLO
ZAMBRANO
E-mail: ecarrill@bumanga.unab.edu.co

BERNARDO JOSE RIOS VASQUEZ
CONTADOR PUBLICO
Mse. Educación

La Facultad de Ingeniería de Sistemas se ha preocupado por dar una identidad a sus estudiantes con el perfil del profesional UNAB, es decir, formar un ser íntegro en todos los aspectos: científico, profesional y humano, dando como resultado un ingeniero persona, consciente de su libertad, preocupado por la búsqueda del conocimiento, preparado para el ejercicio de la ciudadanía, autónomo y capacitado para su ejercicio profesional.

La formación del "ser persona" ha sido una preocupación mancomunada de las diferentes áreas que conforman la Facultad, no solamente del área humanística, por cuanto el desarrollo humano es un proceso que implica todas las esferas humanas: social, afectiva, cultural, académica, etc. A continuación se presenta un resumen de algunas de las actividades más sobresalientes de proyección a la comunidad más sobresalientes realizadas por profesores y alumnos de la Facultad.

VISITAS AL ANCIANATO DEL ANGEL DEL NORTE

Los estudiantes del curso de Estructura de Datos realizaron diversas visitas al ancianato de caridad del Angel del Norte ubicado en

Morrorrí, donde compartieron alimentos y obsequios con las personas que allí residen para brindarles unos momentos de compañía y esparcimiento, haciéndoles sentir que son seres humanos importantes para la sociedad.

Vale la pena resaltar que esta materia forma parte del área técnica de la Facultad, lo que demuestra que no sólo en las materias de formación humanística se pueden realizar trabajos que favorezcan el perfil humano del Ingeniero de Sistemas UNAB. (Ver Foto)

CELEBRACION DEL DIA DE LA FAMILIA

Teniendo como marco de referencia la concepción del HOMBRE UNAB, la comunidad educativa de la Facultad de Ingeniería de Sistemas: directivos, profesores, padres de familia y alumnos, se reunió para compartir ideas acerca del ingeniero que se debe formar para responder a las necesidades que en este campo demanda la sociedad actual con miras al nuevo milenio.

Valores como la honestidad, la responsabilidad y la sinceridad, tan devaluados actualmente, fueron puntos reforzados por los



padres de familia, quienes en todo momento están muy atentos a su papel de primeros educadores en la formación de los hijos; agradecen a la Universidad el haberlos convocado pues ya se hacían a la idea que una vez sus hijos pisaran los claustros universitarios su única tarea sería aportar los dineros que su educación demanda.

Por su parte, los estudiantes se muestran muy satisfechos con la preparación científica que les está aportando la Universidad, pues el campo de trabajo que se presenta a un ingeniero de sistemas requiere de grandes conocimientos con un "soporte cuántico" y una buena fundamentación administrativa.

En cuanto a su formación humana reconocen la importancia que la Universidad da a todo lo relacionado con sus valores, a su formación y desarrollo y a la construcción de sentido de sí mismos; están convencidos de que todos los recursos apuntan a la consecución de un hombre libre, autónomo, con espíritu crítico y con capacidad para proporcionar soluciones, aceptar la diversidad y vivir a plenitud su propia existencia.

En los directivos y profesores queda la satisfacción de estar haciendo las cosas bien y de contar con el apoyo de padres de familia y alumnos para optimizar el proceso de formación de los futuros ingenieros, con el compromiso institucional de la UNAB, hecho manifiesto en el PEI, en aras de lograr el desarrollo humano de los individuos que forman la comunidad educativa.

ENCUENTRO CON DIVERSAS ESCUELAS RURALES

En el desarrollo de la asignatura *Estética y Recreación* se han realizado visitas a diversas escuelas rurales de Santander: Alto de San José km 12 vía Pamplona y Chocoita, entre otras.

Durante los encuentros, los alumnos con la coordinación de sus profesores recaudaron material didáctico y realizaron actividades deportivas. Con labores como estas se logra sensibilizar al estudiante UNAB para que sea partícipe de la solución de los problemas de su país y se proponga como meta desarrollar acciones para beneficio de su comunidad, no sólo durante su vida académica sino en el ejercicio de su profesión. (Ver Foto 2)

LIDERAZGO CÁTEDRA DE LA LÍNEA DE IDENTIDAD UNAB

La creación de la Línea de Identidad UNAB y dentro de ella la cátedra de Liderazgo ha sido para quienes han seguido su desarrollo, una experiencia estimulante. Se ha tomado conciencia del período sin paralelo que afronta tanto la historia colombiana como la del mundo en general; ha permitido que



Procesos educativos

los docentes y discentes cuestionen las características de sus roles y se proyecten en aquellos que tendrán que desempeñar para asumir el reto que el nuevo contexto les exige.

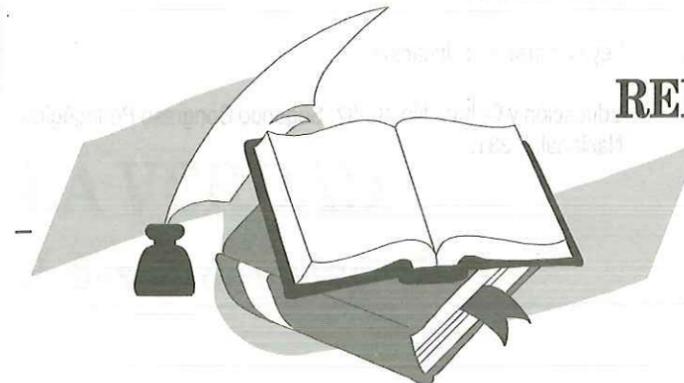
La Facultad de Ingeniería de Sistemas ha participado de este proceso con una permanente evaluación de su cotidianidad: ¿Cómo es la preparación de su estamento para enfrentar dichos cambios? ¿Cómo orientar sus esfuerzos en la formación de actitudes, calidades y destrezas en el futuro profesional líder por derecho propio? ¿Cómo sensibilizar al alumno para que desde el aula universitaria asimile la realidad que le rodea, rezagada porque aún no entienden que es eso de la globalización, porque no saben el gran valor de sus recursos naturales, porque no saben que quiere decir cuando le dicen que la informática los invade...y con este conocimiento se proyecte en ese entorno que pide a gritos una formación relevante en valores, donde se reconozca la libertad como común denominador de la condición humana y la ética democrática como principio de relación?

Nuestros estudiantes se han ubicado dentro de este contexto, han comenzado el acercamiento a esa otra parte de su comunidad; es frecuente verlos en actividades tales como conversatorios en la mesas de comedor de sus familias; fomentando el diálogo y el intercambio de ideas al igual que llevando su conocimiento a colegios de bachillerato; formando la niñez en valores democráticos; llegando a comunidades marginadas y compartiendo con ellos el privilegio que la sociedad les ha dado al permitirles llegar a la universidad; colaborando en trabajos comunitarios de barrios y comunas; trabajando en general en el devenir de la vida diaria. Son nuestros estudiantes los forjadores de procesos educativos que han propiciado reflexiones en torno a principios fundamentales de convivencia: tales como justicia, tolerancia, respeto, responsabilidad y todos aquellos que su universidad les ha entregado con el fin de que la vida con dignidad sea posible para todos.



REFLEXIONES SOBRE EL PEI

JAVIER HERNANDEZ CACERES
LICENCIADO EN MATEMÁTICAS UIS
Msc. EDUCACION
E-mail: jhernand@bumanga.unab.edu.co



El Proyecto Educativo Institucional es asumido:

1. Como instrumento por excelencia para cualificar la Educación y los procesos pedagógicos, organizacionales y administrativos.
2. Como condición indispensable para transformar el trabajo en el aula, las relaciones pedagógicas, las relaciones con la comunidad y el entorno,
3. Y para transformar la Educación, la cultura y por qué no la Sociedad.

De la actitud comprometida de todos los estamentos, depende la construcción del Proyecto Educativo Institucional que contribuirá a la transformación. La construcción del PEI es responsabilidad de la comunidad educativa por ser el instrumento que posibilita el desarrollo de la Autonomía Institucional y Social.

Los PEIS proponen y requieren del establecimiento de unas relaciones sinceras entre los miembros de la comunidad y, por supuesto, unas reglas de juego lo suficientemente claras para que de éstas se generen los compromisos y las responsabilidades requeridas. Para realizar una descripción y un análisis del PEI, es necesario precisar el marco político y pedagógico de la ley general de Educación.

Los PEIS se interpretan como Instrumento de Cambio de la Educación, en la medida en que sean la base de un proceso permanente de organización ágil y flexible.

En la actualidad, la Educación es considerada la clave para el

desarrollo individual, social y productivo, donde la persona y sus capacidades son consideradas factores determinantes para el desarrollo personal y colectivo. En consideración implica la ruptura con el paradigma tradicional que ha olvidado a la persona e ignorado sus potencialidades por uno que reconoce y valore a la persona, que promueva una Educación para la formación más que para la instrucción, y que oriente el trabajo escolar hacia una enseñanza y un aprendizaje significativos. Estas orientaciones deben ser recogidas y tenidas en cuenta en el momento de elaborar el PEI.

La constitución política de 1991 delineó el Proyecto político educativo del país y señaló el horizonte para la acción del estado, la sociedad y la familia en relación con la educación, no sólo como derecho, sino también como servicio público con función social; con el PEI se consolida, además, la autonomía escolar y la relación de la escuela con el entorno y se contribuye a la constitución de la identidad nacional en la medida en que los PEIS mantendrán una relación con el desarrollo Científico y Tecnológico del medio.

La Estrategia Educativa del PEI surgió en Francia, en 1982 como una estrategia para proponer y ejecutar un conjunto de acciones coherentes, enmarcadas dentro de un proyecto de sociedad global.

En Colombia se ha apoyado, además, en el resultado de investigaciones que han analizado la calidad de la Educación a partir de la existencia o no de Proyectos Educativos Institucionales, cuyos resultados han señalado que cuando una Institución escolar tiene claro su horizonte, todo lo que se acontece en ella tiene sentido y se logra el desarrollo individual y social de sus miembros.



En este momento, el reto para una gran parte de la Institución Educativa Colombiana es, entonces, la transformación del quehacer Institucional actual en un PEI que proyecte y fortalezca nuevas relaciones Educación- Sociedad. Para lograrlo, la escuela tiene que ser democrática en el presente e ir en la dirección que le propone a la sociedad en su forma de desenvolverse en la actualidad.

BIBLIOGRAFIA

Ley General de Educación.

Educación y Cultura No: 36-37. Segundo Congreso Pedagógico Nacional. P 231.

LA VERDAD

Reflexión de un Ingeniero

FERNANDO ROJAS MORALES
Ingeniero de Sistemas y Computación
Maestría en Ciencias Computacionales - Último año
E-mail: trojas@bumanga.unab.edu.co
url:www.geocities.com/Athens/9105
OPINION

INTRODUCCIÓN

El tiempo que dedicamos a las reuniones del PEI permitió que los docentes de la facultad entráramos en delicadas discusiones para encontrar respuestas a preguntas tan interesantes como: ¿Qué es ciencia?. Allí surgieron frases que pusieron al descubierto "lo que hay dentro" de algunos de nosotros; una de estas frases («*la verdad, ¿qué es la verdad? la verdad no existe*»), logró descorazonarme y se convirtió en el motivo para la presente reflexión. A mi parecer esta afirmación es un tanto atrevida ya que considero que la **verdad** es uno de los pilares filosóficos, ideológicos y éticos de la humanidad, que juntamente con la justicia, las virtudes, las artes y los principios establecen una marca de su diferenciación con el reino animal. Tal vez no haya muchos ingenieros tocando estos temas, pero en lo personal encuentro bastante interesante dejar a un lado la tecnología para sumergirme en la filosofía, si se puede, hacer también un poco de poesía y de esta manera romper el paradigma del tecnócrata que solo piensa en bits.

CONSIDERACION

En la constitución nacional se encuentra consignado lo que se denomina, «la confianza mutua», que en uno de sus artículos establece que al momento de pactar cualquier tipo de negocio, se espera que las partes cumplan; en otras palabras "que hayan dicho la verdad". Aunque no exista un contrato formal de por medio, esto es válido aun para contratos hechos de palabra; si existen testigos, cualquiera de las partes puede demandar por incumplimiento.

Para hacer una afirmación se requiere algo más que escepticismo, aunque un poco de escepticismo es un ingrediente deseable para la sazón de una mente científica. Como lo expresó el autor de este artículo durante una de las sesiones de discusión sobre la definición de ciencia: «**Un científico es una**

persona que no traga entero y la mayoría de las veces y sobre los más diversos temas pensará en forma diferente a la mayoría de las personas; aunque no necesariamente esté en lo correcto.

REFLEXION

Veamos algunas posiciones mentales que el hombre adopta y como la lógica formal nos ayuda en éste análisis:

- Afirmar: "**no existe porque no lo conozco o no lo puedo ver**"; equivale a que alguno niegue la existencia de los Estados Unidos porque nunca ha estado allá ni ha visto algo sobre ese país; i.e., un indígena en el Amazonas. De lo que pueden derivarse dos implicaciones prácticas en el sentido de que la existencia de dicho país puede estar afectando su existencia, y aunque hacer conciencia de esto no le garantice el remedio de la situación, se pueden generar reacciones contradictorias como "el sueño americano", que dicta que vivir en USA es la cura de todos los males, o "el antiimperialismo", que podría concretarse en un producto interno no tan bruto como el estudiante John Lennin, (el revoltoso del Noticero Quac).

«Un científico es una persona que no traga entero y la mayoría de las veces y sobre los más diversos temas pensará en forma diferente a la mayoría de las personas; aunque no necesariamente esté en lo correcto.»

■ Afirmar que algo **"existe porque me dijeron que existe"**, en algunos casos se puede llamar ingenuidad; los racionalistas lo llamarían «conocimiento primario» o algo así, los formalistas lo llaman «conocimiento básico». Este tipo de conocimiento, es necesario dentro de un proceso de aprendizaje aunque no suficiente, y se da mediante una conversación, una clase, la lectura de un libro o por medio de un programa de televisión de cierta calidad, pero debe ser complementado con la búsqueda de evidencias que al ser verificadas lo convierten en «verdadero» conocimiento, o «conocimiento por experiencia». Esta experiencia de aprendizaje permite crear paradigmas fuertes en los individuos que luego difícilmente se pueden arrancar.

■ Afirmar que algo **"existe porque creo existe"**, que entra en el terreno de la fe. Algunas veces la fe funciona, como cuando nos subimos a un avión sin siquiera conocer al piloto ni nos atrevemos a exigirle que nos presente un certificado que lo acredite para poner nuestra vida en sus manos; con este ejemplo podemos ver que la fe por sí sola no es suficiente, es necesario que el objeto de la fe, en este caso el sistema de desplazamiento compuesto por el piloto, el avión, los controladores de vuelo, la torre de control, la pista de despegaje... etc., tenga la capacidad de producir los resultados que esperamos. Introduzco aquí una definición de fe, de autor desconocido pero atribuida a Saulo de Tarso, para apoyar e iluminar los argumentos expuestos al respecto: **«Es pues la fe, la certeza de lo que se espera, la convicción de lo que no se ve»**. Algunas otras veces los resultados son desastrosos, ¿ejemplo de esto? El suicidio más absurdo de los últimos tiempos, que resumo así: «Un personaje con un historial clínico de enajenamiento mental logra que, un grupo de personas con no poca capacidad intelectual si tomamos en cuenta que eran desarrolladores de páginas web para internet, ponga su fe en "el cuento" de que en la cola de un cometa viene una nave espacial de unos extraterrestres que los llevará a un nivel más alto de calidad de vida espiritual, que tomen la decisión de castrarse y luego de suicidarse, (hecho que indica que no se encontraban en un momentáneo estado de éxtasis emocional o mental)... «. Poner en juego la propia vida a favor de las ideas de otro es uno de los actos más nobles que se le conocen al ser humano y requiere fe, además creer en alguien es creer en sus palabras y tomar decisiones sobre esa base como lo que hicieron los hombres del caso mencionado. No sé si exista un lector que pueda creer que "esos tipos de pronto tengan la razón, y que sea cierto lo del cometa... y lo de la nave espacial... «. Si es el caso, perdón por mi ironía. A este tipo de lector el escritor pregunta: ¿Entregarías tu vida como estas personas lo hicieron basándote en la información que ellos recibieron?. La fe por sí misma no funciona, si así fuera no existiría el engaño,

que funciona justamente porque engañar es abusar de la confianza o de la fe de otro.

■ Afirmar que **"todo lo que vemos es cierto, porque lo vemos"**. El conocimiento basado en los sentidos en estos días de "realidades virtuales" y sofisticados actos de ilusionismo es un riesgo intelectual. Por este camino algunos podrían ir a la pira jurando que E.T. fue el protagonista de E.T. Y, ¿qué diríamos de "los colores del sonido y los sonidos del color" que ven y oyen quienes consumen hongos alucinógenos?. ¿Dónde está lo real de la realidad virtual y lo virtual de nuestra vida real? Albert Einstein decía que "nuestro conocimiento del universo que nos rodea está distorsionado por que no tenemos los instrumentos adecuados para verlo", sin embargo los sentidos que poseemos son suficientes para la funcionalidad que necesitamos para sobrevivir. Necesitamos un punto de equilibrio! y esto es posible gracias a que el hombre realiza una actividad de interpretación sobre la información que le permite hacer uso de sus sentidos y evitar que los sentidos lo usen a él.

■ Asegurar que todo lo que vemos fue hecho en Hollywood y es mentira; o el dogma de algunos escépticos: **"no podemos creer en nada"**. Esto me hace recordar al compañero Cabrales, quien en décimo grado declaró totalmente convencido durante una clase de filosofía que "las imágenes de Neil Armstrong pisando la luna fueron hechas en un estudio de cine en los Estados Unidos", por lo cual se ganó el apodo de «cavernícola». Hoy en día después de ver los dinosaurios de Jurassic Park, y al doctor Spock "conquistando nuevos mundos y nuevas civilizaciones", tal vez el Señor Cabrales encontraría en algunos de nosotros respaldo a su punto de vista.

■ Finalmente, si se afirma: **"La verdad absoluta no existe"**, hablando en términos de lógica formal es una afirmación que se cae por su propio peso: Porque si es cierta entonces ella misma es una mentira, ¡una mentira absoluta! y si es falsa, es decir, si es falso que la verdad absoluta no existe, entonces es verdad que la verdad absoluta existe y esto es lo contrario de

«Es pues la fe, la certeza de lo que se espera, la convicción de lo que no se ve».

lo que se quiere decir. Con lo cual se puede demostrar que la tal afirmación es una contradicción por reducción al absurdo. Veamos el caso contrario, afirmemos que: **"existe la verdad absoluta"**, esta aseveración es recursiva, se afirma a ella misma, asegura que la verdad absoluta existe y ella misma debe serlo entonces; si fuese falsa, la afirmación no podría existir y se convertiría en la contradicción anterior.

Hablar de la verdad resulta ciertamente un tema difícil, y esto es una verdad, . . . o acaso no lo sea. Entramos así al relativismo del: depende de quién hable, de quien escuche, donde lo diga, en que momento, . . . y si seguimos este camino podemos resultar haciendo un poco de poesía:

No es acaso cierto:

¿Que hay sol y luna?

¿Que hay día y noche, aunque para Australia sea a la inversa que para nosotros?

¿Que todos los seres humanos nacieron de una mujer?

¿Que todos los hombres tuvieron un solo padre y una sola madre, aún los inseminados artificialmente y los "in-vitro"?

¿Que hay un cielo lleno de estrellas?. Aunque de día no se vean porque la luz del sol las opaca

¿Que para vivir tenemos que respirar, así sea artificialmente?

¿Que hay aves que vuelan sin haber tomado cursos de aerodinámica?

¿Que los peces viven bajo el agua así sea en los acuarios?

¿No es acaso la ciencia en sus orígenes la búsqueda de la verdad acerca de . . . ?

¿No es acaso el científico un incansable buscador de la verdad que hay en el objeto de su estudio? ¿No es acaso su principal objetivo el ser preciso, o dicho de otra forma: verdadero en la interpretación de los resultados de su ejercicio científico?

«Si existe un camino para que el hombre encuentre la verdad en esta vida, esa sería una meta digna para ocupar su existencia, propone el autor».

¿Se puede tener certeza acerca de algo?, ¿Es posible conocer «verdaderamente»? ¿Es posible saber lo que es cierto? Y si no es así ¿Para qué lee el hombre? ¿Para qué estudia? ¿Para qué investiga? ¿Para que saber mas? ¿Porqué ese deseo insaciable en el hombre de conocer más, de ver más, de oír más?. ¿No sería mejor dejar reflexiones como éstas a un lado, desconectar el cerebro y dejar que otros piensen por él?, ¿No sería más fácil sentarse a ver televisión?.

TRABAJOS DE GRADO DE LOS PRIMEROS EGRESADOS DE LA FACULTAD

A continuación se presenta una breve descripción de los primeros trabajos de grado desarrollados en la Facultad, que constituyen una muestra del espíritu investigativo de los egresados, así como del interés por generar conocimiento aplicable y de beneficio para la sociedad.

Análisis Comparativo del Rendimiento de un Controlador Convencional Respecto a un Controlador Lógico Borroso

Autores: Jaime A. Chica, Carlos F. Durán S.

Director: Jaime Rueda R.

Línea de Investigación: Técnicas Digitales

El proyecto compara dos metodologías de control de procesos industriales, el control de dispositivos conocidos como controladores proporcional-integral-derivativo (P.I.D) y el control avanzado de procesos mediante la utilización de una técnica conocida como Lógica Borrosa o Lógica Fuzzy.

En este trabajo de grado se desarrolla una descripción de las bases teóricas del control, el comportamiento de los procesos, el funcionamiento de los controladores Proporcional, Proporcional-Integral, y Proporcional Integral-Derivativo, la Teoría de la Lógica Borrosa y la Descripción del Montaje utilizado para realizar la comparación, las pruebas, y las conclusiones obtenidas.

Sistema de Información de Control Efectivo del Recurso Humano para la Facultad de Ingeniería de Sistemas

Autores: Haider Martín Salcedo Dominguez

Director: Guillermo Rueda Rueda

Línea de Investigación: Bases de Datos

Este sistema permite organizar y controlar la información relacionada con los proyectos de grado en desarrollo y terminados en la Facultad.

Con esta herramienta se permite mantener información actualizada de los diferentes proyectos de grado: datos personales de estudiantes, directores y asesores, código y título de la tesis, esta-

do, autores, calificación, objetivos, resumen, línea de investigación, fecha de presentación y fecha límite de entrega.

Este software es lo suficientemente flexible como para adaptarse a nuevos requerimientos, permite dar respuesta a necesidades de la Facultad y a posibles peticiones realizadas por instituciones gubernamentales como el ICFES. Así mismo se ha desarrollado la automatización del proceso de evaluación docente en la UNAB, con lo que se ha facilitado dicho proceso por docentes y áreas, permitiendo un análisis estadístico de dicha información.

Sistema de Información Geográfico para Sistemas Petrolíferos

Autores: Elizabeth Cepeda Espitia, Gustavo Díaz Rojas

Director: Oscar Chavoya A.

Línea de Investigación: Bases de datos Georeferenciadas

En este proyecto se desarrolló un Sistema de Información Geográfico que facilita a los geólogos, geofísicos y geoquímicos exploradores, la determinación y el análisis de los sistemas petrolíferos mediante el despliegue y superposición de la información geológica y geoquímica.

En este trabajo se implementó el Sistema de Información Geográfica -SIGEX de la Vicepresidencia Adjunta de Exploración de Ecopetrol que se encuentra en la etapa de pruebas y ajustes, el cual se encarga de administrar toda la información geográfica básica digitalizada.

Entre los logros más importantes pueden destacarse la contribución en el proceso de establecer correlaciones geoquímicas entre pozos, afloramientos y rezumaderos, identificando familias de crudos, por la forma como se presenta la información al usuario.

Con la automatización del proceso de generación de gráficas (Perfiles, Diagramas de variable vs Profundidad) se agiliza el proceso de análisis de variables geoquímicas para un pozo,



aflojamiento o rezumadero. De esta manera se logra entender rápida y fácilmente el comportamiento de los procesos geoquímicos del subsuelo en un punto específico.

Con la creación del Interprete de expresiones se dejó abierta la opción de establecer nuevas relaciones entre las variables geoquímicas que puedan contribuir al proceso de exploración de petróleo, así como también al proceso de análisis y determinación de sistemas petrolíferos.

Se desarrolló en Arc/Info y se tomó como caso de estudio, para la elaboración del prototipo, el Valle Medio del Magdalena (V.M.M.).

Sistema Experto para el Control Hemodinámico en Unidades de Cuidados Intensivos Postquirúrgicos para Adultos

Autores: Vladimir Camargo García, Martha Liliana Torres Barreto

Director: Juan Carlos García D.

Línea de Investigación: Inteligencia Artificial

En este proyecto se desarrolló un Sistema Experto que permite controlar dentro de un período postoperatorio la dinámica de la sangre de pacientes que han sido sometidos a una cirugía de corazón; para ello se emplearon técnicas de Inteligencia Artificial que permiten que el computador realice juicios con sensatez de los datos ingresados. El propósito del sistema es mejorar los patrones de asistencia médica, reducir sus altos costos, así como prestar soporte para la toma de decisiones y disminuir los errores clínicos.

En cuanto a costos, se disminuyen los asociados al tiempo del especialista (antes tomaba 40-45 minutos ahora simplemente se pulsa un botón para obtener los cálculos requeridos). Por otra parte disminuyen los costos asociados con el acceso de información comparando la nueva tecnología con el almacenamiento en archivos físicos.

El sistema fue desarrollado con apoyo de médicos expertos de la Fundación Cardiovascular de la Clínica Carlos Ardila Lulle, lugar donde será implementado, con lo que se preserva y estandariza el conocimiento médico en esta área, permitiendo que con tal información en conjuntos de datos iguales, se reconozcan patrones de igual forma, fortaleciendo los conceptos médicos y asegurándoles que no van a olvidar la consideración de cualquier detalle.

La herramienta de desarrollo utilizada fue el Shell para Sistemas Expertos Orientados a Objetos bajo ambiente windows, lo que facilitó la creación de interfaces agradables y funcionales en corto tiempo.

Aplicación de Tecnología de Tarjetas Inteligentes en el Área de Servicios Médicos

Autores: Nercy Yadira González Silva, María Eugenia Gutierrez Picón

Director: Jaime Rueda R.

Línea de Investigación: Técnicas Digitales

En el proyecto se desarrolló un sistema de control y manipulación de expedientes clínicos portátiles, con el fin de proporcionar una información confiable y oportuna de los usuarios de Tarjetas inteligentes mediante la aplicación de esta nueva tecnología a las áreas odontológicas de Periodoncia, Maxilofacial, Rehabilitación oral, Ortodoncia, Endodoncia, Odontopediatría y Odontología general, manejando historias clínicas en su especialidad.

Los métodos empleados actualmente para el manejo de la información del Historial Clínico de una persona son inapropiados en eventos tales como el ingreso de un paciente en caso de urgencia, el acceso rápido a los datos del paciente y la necesidad de información completa y actualizada, causan ineficiencias en la atención suministrada por los Centros Médicos a sus respectivos usuarios.

La utilización de Tarjetas Inteligentes, las cuales contienen un dispositivo electrónico programable y similares exteriormente a las tarjetas de crédito, en el desarrollo de un Sistema de Control y Manipulación de Expedientes Clínicos Portátiles permite garantizar la confiabilidad, seguridad, privacidad y control de la información siendo posible otorgar al paciente una atención rápida y oportuna, incrementando la colaboración profesional e integración de los Centros de Salud, además, el nuevo esquema de atención rompe con los paradigmas actuales de prestación de servicios, convirtiendo al usuario en parte esencial de los procedimientos de atención organizacionales, permitiéndole el control de su expediente clínico (así como controla su información financiera) y determinando quién debe manejar en forma responsable y profesional su información, siendo base fundamental en la toma de decisiones médicas futuras que influirán en su salud y bienestar. Esta tarjeta puede contribuir a la tarea de identificación de cadáveres, basado en los tratamientos y problemas que se encuentran registrados en la tarjeta, contribuyendo de esta forma a la exactitud de la identificación.

El sistema asiste a los usuarios especialistas en el ingreso de la información odontológica y médica, a través de gráficas, opciones, listados de enfermedades y listados de aspectos médicos específicos, evitándole al odontólogo digitar textualmente gran parte de los datos, reduciendo el tiempo de asistencia al paciente, el uso del papel y la búsqueda, obteniendo en forma inmediata la información a través del uso de la tarjeta.



La realización del Expediente Clínico Portátil, precursor de la aplicación de la tecnología de Tarjetas Inteligentes en el sector Salud de nuestro país, proporciona beneficios a los Centros médicos que conlleva al mejoramiento en el Servicio otorgado a los usuarios.

Sistema de Asignación de Aulas y Horarios para la Unab

Autores: Irma Jimena Hernandez Borrero, Martha Erika Zambrano Avila

Director: Oscar Chavoya

Línea de Investigación: Inteligencia Artificial

Este proyecto de grado se basa en el desarrollo de un sistema automático utilizando optimización matemática, permitiendo el proceso de asignación de aulas y horarios para la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

El desarrollo de este proyecto se basó en un sistema administrador de base de datos, que corresponde a la aplicación de usuario final realizada en Microsoft Access y un proceso de optimización (Algoritmo Genético), realizado en C++ que genera el horario óptimo minimizando el número de violaciones en las restricciones (función objetivo). En general, este proceso toma los datos necesarios para la elaboración del horario en un archivo plano, y genera un nuevo archivo para la presentación de los datos al usuario final.

Sistema inteligente de soporte para manejo anestésico - SISMA para pacientes con problemas cardiopulmonares.

Autores: Ana María Gil Pieschacón y Janeth Lucero Mariño Fajardo

Director: Juan Carlos García D.

Línea de Investigación: Inteligencia Artificial

Ver artículo ampliado.

SISTEMA INTELIGENTE DE SOPORTE PARA MANEJO ANESTESICO - SISMA PARA PACIENTES CON PROBLEMAS CARDIOPULMONARES

Ing. ANA MARIA GIL PIESCHACON
ING. JANETH LUCERO MARIÑO FAJARDO
Director: Juan Carlos García
Línea de Investigación: Inteligencia Artificial

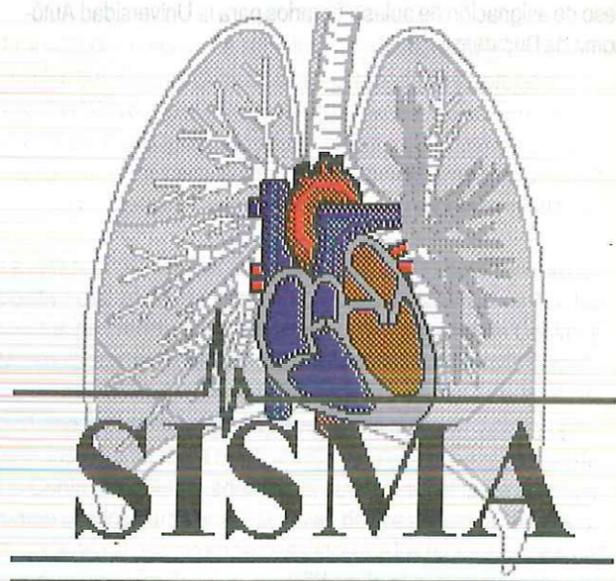
ANTECEDENTES

Los especialistas en reanimación y anestesiología practican uno de los ejercicios más dinámicos y precisos de la medicina, donde se torna crítica la toma de decisiones al seguir distintos cursos de acción de manera exacta e inmediata ya que no debe haber margen de error, puesto que de presentarse, éste podría ocasionar daños graves en la salud del paciente. Esta toma de decisiones es de completa responsabilidad del especialista y está basada principalmente en su conocimiento. Sin embargo, el especialista puede utilizar herramientas tecnológicas que le ayuden a organizar el conocimiento de una manera adecuada. Los sistemas de información basados en Inteligencia Artificial conocidos como Sistemas Expertos han sido utilizados como herramientas de este tipo con buenos resultados. Un sistema experto es un sistema computarizado capaz de representar y razonar acerca de una rama o dominio del conocimiento con el propósito de resolver problemas y dar recomendaciones.

QUE ES SISMA?

De manera global SISMA es un sistema computarizado capaz de dar soporte de manera inmediata y continua a los especialistas y estudiantes de anestesiología en los diferentes conductos a seguir durante todo el proceso perioperatorio en pacientes con problemas cardiopulmonares. A nivel más específico SISMA da soporte en las siguientes áreas:

El proceso de valoración preoperatoria del paciente con problemas cardiopulmonares; es decir en el establecimiento de la naturaleza y severidad de una enfermedad coexistente, grado de alteración fisiológica y su estado clínico.



El manejo intraoperatorio; es decir en la aplicación de la anestesia misma (planeación de la técnica de anestesia, adquisición de drogas y equipo especiales, planeación e implementación del monitoreo), inducción de la anestesia, mantenimiento de la anestesia y manejo de requerimientos específicos de un procedimiento quirúrgico.

El manejo post operatorio dirigido a la prevención y detección temprana de complicaciones comunes.

SISMA está desarrollado en KAPPA-PC un shell para desarrollo de sistemas expertos bajo ambiente Windows, y la información particular de cada paciente se almacenan en una base de datos Access. La interfaz con el usuario trabaja en un ambiente gráfico

bajo Windows, ésta característica la hace muy amigable para los usuarios acostumbrados a trabajar con ventanas, botones y el mouse propios de este ambiente.

KAPPA-PC permite escribir aplicaciones en un ambiente gráfico de alto nivel, y utiliza código C ANSI. En el sistema, KAPPA-PC, los componentes son representados por estructuras llamados objetos. Los objetos pueden ser clases o instancias dentro de las clases y pueden representar cosas concretas como automóviles o conceptos intangibles como la titularidad o propiedad. El modelo de las relaciones entre los objetos está representado en una estructura jerárquica.

KAPPA-PC es pues una herramienta de programación orientada a objetos en la cual se definen los métodos para especificar la función de los objetos. Una vez se han construido los objetos y los métodos para una base de conocimiento, se pueden construir sistemas que puedan razonar acerca de los objetos usando reglas. Cada regla especifica un conjunto de condiciones y un conjunto de conclusiones para ser hecho si las condiciones son ciertas. Las conclusiones pueden representar las deducciones lógicas sobre la base de conocimiento o especificaciones de como cambia a través del tiempo. Cada regla es un módulo relativamente independiente, de esta forma se pueden construir los sistemas de razonamiento gradualmente, regla por regla.

Una regla sencilla utilizada en SISMA clarifica este concepto:

Regla: Taponamiento_Pericardio, Prioridad: 3

If paciente:PAM < 40,

Then paciente:EvalHemo = Falla_Cardiaca

Esta regla representa la experiencia de los expertos para determinar si un paciente presenta falla cardiaca a partir de la información de su PAM o presión media arterial (mmHg). Como ésta, se construyeron 250 reglas en total para implementar cada uno de los casos contemplados por el sistema y cada una de ellas tiene en cuenta gran número de variables.

Problemas cardiovasculares contemplados por el sistema:

- Hipertensión
- Enfermedad Arterial Coronaria
- Prolapso en Valvula Mitral
- Cardiomiopatía Hipertrofica
- Taponamiento Pericardio
- Hipertensión Pulmonar

Síndrome de Vena Cava Superior.

Problemas pulmonares contemplados por el sistema:

- Asma
- Enfermedad Pulmonar Restrictiva
- Enfermedad Obstructiva Crónica
- Masa en Mediastino Anterior
- Infección Respiratoria Alta
- Sibilancias
- Trauma Cerrado de Tórax
- Paciente Fumador

ARQUITECTURA DE SISMA

Por ser un sistema experto basado en reglas SISMA esta compuesto por:

Una base de Conocimiento: donde está representado el conocimiento de los expertos en el área de Anestesiología y reanimación por medio de reglas.

Un Motor de Inferencia: que hace posible la combinación de las reglas para producir recomendaciones.

Facilidades de Actualización: el sistema cuenta con una interfaz gráfica que permite la actualización de su base de Conocimiento de una manera rápida y eficaz.

Facilidades de Explicación: consiste en desplegar la regla o reglas que fueron requeridas para obtener una determinada recomendación.

Memoria de Trabajo: donde se encuentra la información del paciente sobre el cual se realiza la consulta en un momento dado.

Base de Datos: donde queda almacenada toda la información capturada del usuario y suministrada por SISMA de cada uno de los pacientes introducidos al sistema, para su posterior consulta y generación de reportes.

Interfaz del Usuario: la forma en que SISMA solicita información al usuario y suministra al mismo las recomendaciones en cada momento de la consulta. (Ver Figura 1)

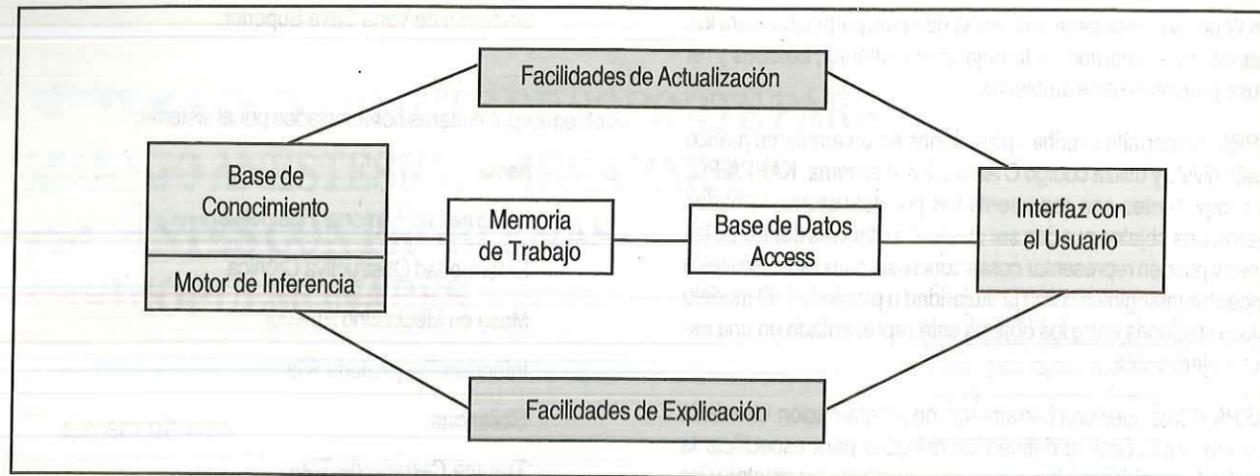


Figura 1. Arquitectura SISMA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la actualidad los profesionales de todas las áreas y por supuesto los del área médica se encuentran familiarizados con la utilización de computadores y software especializado. Además es conocido el gran desarrollo que han tenido los sistemas expertos en esta área y su utilización satisfactoria en diversas partes del mundo. Esto, sumado a la facilidad de las empresas de hoy de contar con recursos tecnológicos, contribuye de manera positiva para que un proyecto de SE tenga aceptación dentro del grupo de especialistas y usuarios potenciales del mismo.

Los beneficios de los Sistemas Expertos en medicina son múltiples; gracias a su capacidad de almacenamiento y recuperación de conocimiento, es posible considerar innumerables variables en el diagnóstico de un caso particular, los nuevos avances en medicina se pueden representar por medio de reglas adicionales en la base de conocimiento de los sistemas existentes, los médicos cuentan con un recurso muy potente para corroborar y confirmar sus decisiones y afirmaciones, y por último las nuevas herramientas para construcción de sistemas expertos permiten el desarrollo de aplicaciones visuales de fácil manejo para el usuario.

La utilidad de un sistema experto está correlacionada con la cantidad de conocimiento almacenada en éste, y la organización de este conocimiento dentro de las estructuras de datos apropiadas. SISMA contiene una cantidad de conocimiento suficiente para asesorar a un especialista en el análisis inicial de un caso dado. Esto se vio reflejado en la evaluación del sistema por parte de un especialista en anestesiología donde en la gran mayoría

de los casos él concluyó que la utilidad del sistema es alto y la información suficiente y oportuna.

El uso del shell para desarrollo de sistemas expertos Kappa-PC es muy útil en la construcción de sistemas de este tipo debido a que cuenta con las facilidades de la programación orientada a objetos y el ambiente gráfico de windows. La herramienta ofrece importantes facilidades en el construcción, manejo y mantenimiento de la base de conocimiento y a su vez incluye los controladores requeridos para interactuar con aplicaciones estándar de Microsoft como Access. Una desventaja es la imposibilidad de imprimir reportes desde Kappa.

La adquisición del conocimiento en el área de la medicina es especialmente difícil de obtener debido al grado de compromiso del tiempo de los expertos. Esta es quizás la actividad más larga y en la que los ingenieros de conocimiento deben aprender sobre el dominio en el que desean desarrollar su sistema. Idealmente se debería contar con dos o tres expertos involucrados en el proyecto.

Debido a que SISMA es un sistema basado en reglas puede ir creciendo incrementalmente por lo tanto es posible evolucionar en varias áreas. Primero, en este proyecto se restringió el número de enfermedades contempladas; en proyectos posteriores sería de utilidad implementar otros casos específicos como el de enfermedad cardíaca congénita y las demás enfermedades valvulares. Segundo, es posible crecer en cuanto al número de variables contempladas para producir recomendaciones o realizar diagnósticos. Finalmente, se recomienda continuar la valida-

ción de este sistema por otros expertos en anestesiología y así llegar a una base de conocimientos muy completa y con alta consistencia.

Sería interesante analizar la factibilidad de la implementación de la incertidumbre en un nuevo proyecto de investigación. Según el estudio realizado en esta tesis sobre los métodos más aconseja-

bles para este propósito se recomienda la aplicación de la Teoría de Dempster Shafer y los Factores de Certidumbre que se adaptan muy bien a las características de SISMA, es muy importante contar con un grupo de especialistas en anestesiología comprometidos en el proyecto pues la asignación de los factores de certidumbre y grados de certeza deben ser el resultado de un consenso entre ellos.