

ÁRBOLES Y REDES SEMÁNTICAS CIRCULARES

José María Pérez Domínguez

**UNED. A Coruña*

Enrique Cao Rodríguez

I.B. A Sardiñeira. A Coruña

1. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es el análisis de algunas de las aportaciones de la Inteligencia Artificial a la representación del conocimiento, se trata en concreto de los Árboles Semánticos y las Redes Semánticas. Veremos algunos ejemplos y la importancia que tienen en la didáctica de la física.

2. INTRODUCCIÓN

La segunda mitad de este siglo y sobre todo las últimas décadas han traído cambios revolucionarios para muchos campos del conocimiento. El desarrollo de la informática trae parejo la aparición de formalismos nuevos, como son las teorías de los Lenguajes Formales, Teorías de Gramáticas y Autómatas (BrookShear), y también la aparición de la Inteligencia Artificial con campos como la “Ingeniería del Conocimiento” (Nilsson 1998, Rauch 1989, Mira 1998) donde hasta ahora temas pertenecientes exclusivamente al campo de la psicología o las humanidades se podían tratar con un lenguaje formal dando resultados tan interesantes como los Sistemas Expertos (Frost 1989) o programas inteligentes de reconocimiento de patrones y formas.

Esta “Ingeniería del Conocimiento” ha sido aplicada a la Inteligencia Artificial para imitar el comportamiento inteligente del humano. Nuestro objetivo es aplicar estos métodos de la “Ingeniería del Conocimiento” a la enseñanza, es decir, desarrollar una “Ingeniería de la Enseñanza”, abordada con el formalismo con que se abordan los problemas de la Ingeniería del Conocimiento.

Los sistemas inteligentes tienen que almacenar información para poder manipularla posteriormente. La Inteligencia Artificial generó sus propias teorías

de representación del conocimiento para poder diseñar estructuras que soporten la resolución de problemas de manera eficaz.

La representación del conocimiento se extiende a toda expresión gráfica que incluya símbolos verbales, geométricos, etc; cuyo objetivo sea el de representar secuencias de conceptos de un determinado dominio del conocimiento científico o humano. En el ámbito de la Inteligencia Artificial se usan varios tipos de representaciones simbólicas entre las que se encuentran: los diagramas de árbol, las redes semánticas, los marcos, los árboles semánticos etc.; estos procedimientos han influido en el campo de la psicología cognitiva y en la didáctica de las ciencias.

Nos centraremos en el estudio de los árboles y las redes semánticas y sus implicaciones didácticas.

3. ÁRBOLES SEMÁNTICOS

Árbol semántico es un grafo dirigido en donde cada nodo del mismo corresponde a una proposición, la relación entre estos nodos que se establece en el recorrido del árbol estructura el razonamiento. En él se ven reflejados los distintos niveles del “conocimiento profundo” hasta llegar a las hojas terminales correspondiente al “conocimiento superficial” con el que nos expresamos en el “lenguaje natural”. Estructura profunda que no aparece en nuestras expresiones, pero que quedan implícitas en ellas de manera unívoca. Todo esto se puede estructurar en forma de reglas, donde cada nodo del árbol corresponde a una premisa o proposición y que nosotros la expresamos en forma de objeto.

De esta forma podemos obtener una serie de reglas de razonamiento, que podrían servir de base para una “Base de Conocimiento” (Pérez Domínguez, 1987) de un Sistema Experto o para las palabras correspondientes a los vocabularios no terminales de una Gramática Libre de Contexto o los estados internos de un Autómata tipo Push-Down, o para el cálculo de la Entropía (Pérez Domínguez, 1996) y su evolución en el aprendizaje.

La construcción de este árbol es el factor más importante ya que nos estructura el Razonamiento, mientras que la Red Semántica estructura el Conocimiento y sólo sirve para darnos información de los nodos que aparecen en el árbol. En él puede aparecer varias veces el mismo objeto en nodos distintos, mientras que en la red no. La red semántica nos dice como son los nodos (que métodos tienen) y su jerarquía, es decir, su herencia, mientras que el árbol nos dice como los tenemos que colocar aunque sea repetidamente para estructurar razonamientos concretos y alcanzar expresiones con sentido unívocas.

Es a partir del árbol de donde sacamos las reglas con sentido si queremos razonar, por ejemplo utilizando Prologo (Bratko 1986, Bundy 1979, Moriýón 1991) para construir un sistema experto capaz de resolver problemas; o usando la programación orientada a objetos para construir un sistema de tipo Mathematica (Wolfram 1991) pero aplicado a la Física.

3.1 Árboles semánticos y aprendizaje

En el proceso de enseñanza-aprendizaje (Novak 1998, 1992) podemos distinguir varias fases. La primera sería enmarcar el conocimiento que el alumno debe adquirir en un contexto determinado relacionándolo con lo que el alumno ya sabe, es decir debemos contextualizar la información, creando así una nueva estructura sobre la que edificaremos el nuevo aprendizaje.

Una segunda fase sería el desarrollo del conjunto de leyes, conceptos, teoremas..., es decir, de contenidos conceptuales que el alumno debe adquirir. Finalmente, una última fase que correspondería con cuestiones, prácticas, simulaciones, animaciones gráficas etc. De nada sirve conocer teoremas si no sabemos el contexto de aplicación de los mismos. Tener conocimientos o saber cosas porque sí, no basta para conocer el significado de esas cosas, su validez y aplicación. Es necesario una estructuración de esa información. Ésta es jerárquica y se puede expresar en forma de ÁRBOL.

Cuando nos expresamos lo hacemos mediante un vocabulario terminal (o superficial) donde no aparece, por estar oculta, la estructura profunda o no terminal que subyace a estas expresiones.

Un conocimiento completo exige el dominio total del árbol (estructuración jerárquica de la información) con todo el lenguaje profundo que lleva asociado. Con frecuencia el profesor no pone esto en evidencia, creemos que por varios motivos: por propia ignorancia, por moverse en niveles de abstracción superiores donde da por sabido y conocido todo lo anterior, por deficiencia en nuestra expresión del lenguaje ya que utilizamos el lenguaje natural (no formal) para expresar el lenguaje físico. Téngase en cuenta que en el conocimiento de la Física concurren tres lenguajes: el lenguaje Natural, con el que nos expresamos, el de la Física correspondiente a las leyes de la naturaleza y el lenguaje Matemático formal con el que se expresan las leyes físicas.

3.2 Árbol semántico de la mecánica

El primer atributo asignado a CAMPO sería “MagnitudCreadora”, cuyos valores corresponderían a “Masa”, “Carga”, “Núcleo” y “Quark”; dando lugar a las proposiciones: “La Magnitud Creadora es la Masa”, “La Magnitud Creadora

es la Carga”, “La Magnitud Creadora es el Núcleo”, “La Magnitud Creadora son los Quarks”, formando los nodos; “MagcreadoraMasa”, “MagcreadoraCarga”, “MagcreadoraNúcleo”, “MagcreadoraQuark”, que darían lugar a las reglas:

- Si es Campo
- y la Magnitud Creadora es la Masa
- entonces es Interacción Gravitatoria. Y así podemos obtener otras reglas.

A partir de Interacción Gravitatoria el atributo correspondiente es Masa, que puede tomar los valores: “Movimiento” y “Reposo”, dando lugar a los nodos “MasaMovimiento” y “MasaReposo”, generando los teoremas Mecánica y Gravitación, que expresados en forma de reglas:

- Si es Interacción Gravitatoria
- y la Masa está en Movimiento
- entonces es Mecánica De esta forma se obtienen las otras reglas.

A partir de Mecánica, el atributo es la “Partícula”, cuyos valores pueden ser: “Grande”, “Pequeña”, “Muchas” y “VelocidadGrande”, dando lugar a las proposiciones: “Las Partículas son Grandes”, “Las Partículas son Pequeñas”, “Las Partículas son Muchas” y “Las Partículas tienen Velocidades Grandes”, que originarían los teoremas; Mecánica Clásica, Mecánica Cuántica, Mecánica Estadística, y Mecánica Relativista y reglas como:

- Si es Mecánica
- y la Partícula es Grande
- entonces es Mecánica Clásica.

A partir de Mecánica Clásica el atributo es “EfecFuerza”, cuyos valores pueden ser: “Movimiento”, “Equilibrio” y “Deformación”; dando lugar a los nodos: “EfecfuerzaMovimiento”, “EfecfuerzaEquilibrio”, “EfecfuerzaDeformación”, que corresponderían a los teoremas: Dinámica, Estática y Elasticidad y reglas como:

- Si es Mecánica Clásica
- y el Efecto de la Fuerza es el Movimiento
- entonces es Dinámica.

A partir de Dinámica, el atributo es “Sistema”, que puede tomar los valores: “UnPunto”, “DosPuntos”, “SistemaPuntos”, “UnSólido”, “UnLíquido”; dando lugar a las proposiciones: “El Sistema es un Punto”, “El Sistema son Dos Puntos”, “El Sistema es Un Sistema de Puntos”, “El Sistema es Un Sólido”, “El Sistema es Un Líquido”; y los teoremas: Dinámica del Punto Material, Dinámica

de los Sistemas de Puntos, Dinámica del Sólido Rígido, Hidrodinámica y las reglas como:

- Si es Dinámica
- y el Sistema es Un Punto Material
- entonces es Dinámica del Punto.

A partir de Dinámica del Punto, el atributo es “Magnitud”, que puede tomar los valores: “Masa”, “CantMov”, “Fuerza”, “MomCinético”, “MomGiro”, “EnerCinética”, “Potencia”, que forman los nodos: “MagnitudMasa”, “MagnitudCantMov”, “MagnitudFuerza”, “MagnitudMomCinético”, “MagnitudMomGiro”, “MagnitudEnerCinética”, “MagnitudPotencia”, obteniéndose los teoremas: Masa, Cantidad de Movimiento, Teorema Cantidad de Movimiento, Momento Cinético, Teorema del Momento Cinético, Energía Cinética, Teorema de la Energía Cinética, y reglas como:

- Si es Dinámica del Punto
- y la Magnitud es Momento de Giro
- entonces es teorema del Momento Cinético.

Partiendo del Teorema del Momento Cinético, el atributo es “Sistema”, cuyos valores son: “Aislado”, “NoAislado” y “Central”, que originarían las proposiciones: “El Sistema es Aislado”, “El Sistema es No Aislado”, “El Sistema es Central”; que darían lugar a los teoremas: Conservación del Momento Cinético, Impulso Angular y Teorema de las Áreas, dando origen a reglas como:

- Si es Teorema del Momento Cinético
- y el Sistema es Central
- entonces Teorema de las Áreas.

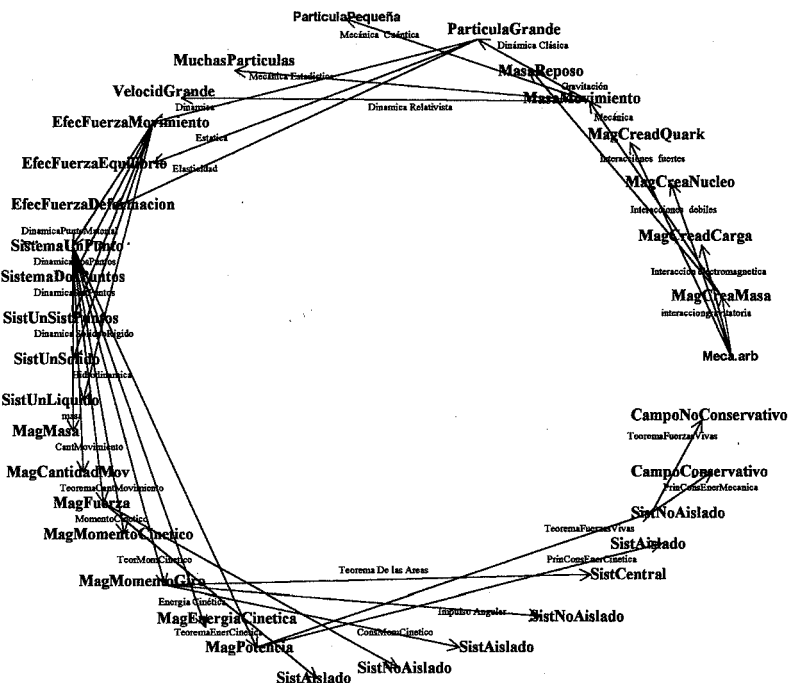


Figura 1. Árbol Semántico de Mecánica

3.3 Árbol semántico de la electrostática

El primer atributo de ELECTROSTÁTICA sería “Medio”, al que le corresponden los valores “Vacío”, “Conductor”, “Dieléctrico”, con lo que aparecerían las proposiciones “El Medio es el Vacío”, “El medio es un Conductor”, “El medio es un Dieléctrico”; o bien los objetos “MedioVacío”, “MedioConductor”, “MedioDieléctrico”. Las reglas a las que llegaríamos serían:

- Si es Electrostática y el Medio es el Vacío, entonces es electrostática en el Vacío
- Si es Electrostática y el Medio es un Conductor, entonces es Electrostática en Conductores
- Si es Electrostática y el Medio es un Dieléctrico, entonces es Electrostática en Dieléctrico.

A partir de “Electrostática en el Vacío” el atributo correspondiente sería la “Magnitud Electrostática” a la que le correspondería el valor: “Carga”, “Campo”, “Fuerza”, “Potencial”, “Flujo”, “Energía”, que darían origen a las proposiciones: “La Magnitud Electrostática es la Carga”, “La Magnitud Electrostática es el Campo”, “La Magnitud Electrostática es la Fuerza” etc o bien los objetos: “MagnitudCarga”, “MagnitudCampo”, “MagnitudFuerza”, “MagnitudPotencial”... que formarían los nodos correspondientes en el árbol.

A partir de “MagnitudCarga” los atributos que le corresponderían sería “Distribución”, que puede tomar los valores: “DiscretaPuntual”, “DiscretaSistemadeCargas”, “ContinuaLineal”, “ContinuaSuperficial”, “ContinuaVolúmica”. Esto daría origen a las proposiciones: “La Distribución de Carga es Discreta Puntual”, “La Distribución de Carga es Continua Superficial” etc y a los nodos: “DistribuciónDiscretaPuntual”, “DistribuciónContinuaSuperficial” etc.

Si partimos de “Electrostática en Conductores” el atributo correspondiente sería “MedioConductor” que podría tomar los valores: “UnaEsfera”, “DosConductores”, “UnSistemadeConductores”, que formarían las proposiciones: “El Medio Conductor es una Esfera”, “El Medio Conductor son Dos Conductores”, “El Medio Conductor es un Sistema de Conductores”, y los nodos: “MedioConductorEsfera”, “MedioConductorDosConductores”, “MedioConductorUnSistConductores”.

Tomando “Medio Conductor una Esfera” volveríamos a tener el atributo “Magnitud” al que le corresponderían los valores: “La Magnitud es la Carga”, “La Magnitud es el Campo”, “La Magnitud es el Potencial” y a los nodos: “MagnitudCarga”, “MagnitudCampo”, “MagnitudPotencial”.

A partir de “MagnitudCampo” el atributo correspondiente sería “Vector-Posición” que puede tomar los valores: “IgualR”, “MayorR”, “MenorR”, dando lugar a las proposiciones: “El Vector de Posición es Igual a R”, “El Vector de Posición es Mayor que R”, “El Vector de Posición es Menor que R” y a los nodos “VectorPosiciónIgualR”, “VectorPosicionMayorR”, “VectorPosiciónMenorR”.

Obteniéndose reglas como: Si es Electrostática, y el Medio es Conductor, y el Conductor es una Esfera, y la Magnitud es el Campo, y el Vector de Posición es mayor que R, entonces es Campo Electrostático en el Exterior de una Esfera.

De esta manera podemos recorrer las distintas ramas del árbol e ir generando el razonamiento que nos permite obtener las leyes de la Física.

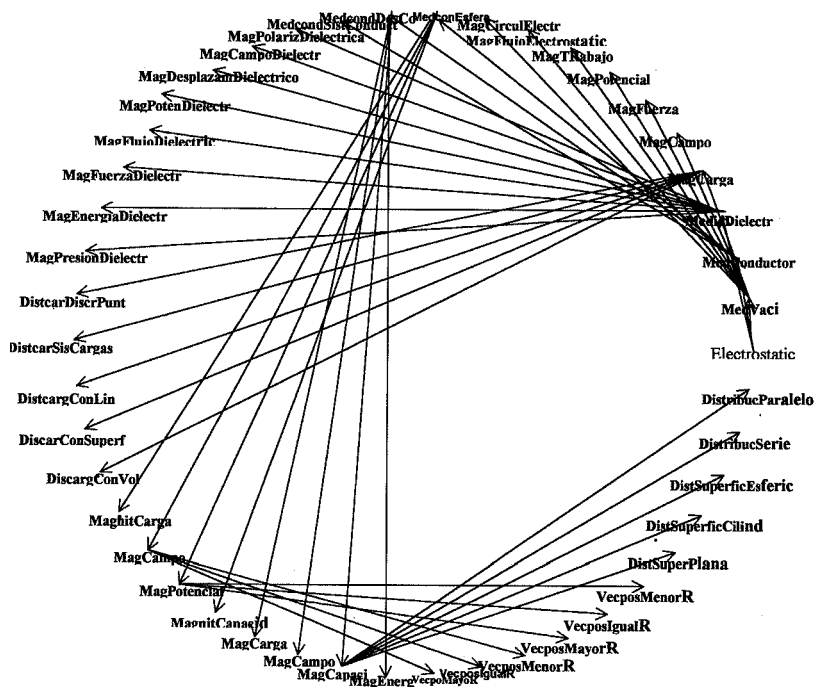


Figura 2. Árbol Semántico de Electrostática

4. REDES SEMÁNTICAS

Las redes semánticas fueron introducidas por Quillian (1968) y Raphael (1968) de forma independiente como modelos de memoria asociativa adecuada en la representación del conocimiento necesario en la comprensión y traducción del lenguaje natural.

Una RED SEMÁNTICA es un grafo dirigido en el cual los nodos representan entidades y los arcos representan relaciones binarias entre entidades, con

una organización jerárquica que permite la herencia de propiedades. Las redes semánticas se utilizan en la comprensión del lenguaje, en sistemas de razonamiento y como sistemas de representación del conocimiento, en Inteligencia Artificial y en Sistemas Expertos.

Tienen como ventaja la flexibilidad, la capacidad de heredar las propiedades de los nodos relacionados con uno dado. La red semántica permite también que un sistema cognitivo infiera información. Uno de los intereses principales de agrupar los conceptos en una red jerárquica consiste en poder realizar un tipo particular de inferencia, en la que un concepto hereda las propiedades de sus antepasados.

Los mecanismos de herencia se encuentran en un grupo de lenguajes de programación conocidos como lenguajes orientados al objeto o programación orientada al objeto. En estos lenguajes la herencia es posible, ya que se organizan en una estructura jerárquica de cosas llamadas clases y subclasses. Estas clases y subclasses son conjuntos de una misma clase de objetos genéricos.

Los objetos más genéricos en una retícula de clases están más altos en la jerarquía; los objetos más específicos que se describen en una clase son los inferiores de una jerarquía. Las relaciones entre los objetos de una jerarquía y los situados inmediatamente debajo de ellos se describen mediante una relación heredada padre-hijo, porque algunos objetos de la jerarquía se llaman padres y los objetos con ellos relacionados en el nivel inferior siguiente de la jerarquía se llaman hijos. Asociado a cada clase hay un grupo de procedimientos (métodos). Cada subclase de una clase hereda de forma automática estos procedimientos de sus padres, a menos que tengan sus propios procedimientos.

Esta importante característica de las redes semánticas provoca que sean instrumentos que contienen mucha información con gran economía de medios.

4.1 Redes semánticas y aprendizaje

Para que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea eficaz es necesario saber cómo aprenden los alumnos, qué estrategias metodológicas más adecuadas es necesario desarrollar en el aula, cuándo están preparados los estudiantes para aprender una materia determinada, etc. El conocimiento humano es muy amplio, todo parece estar relacionado con todo lo demás. Podemos preguntarnos: ¿Cómo se organiza la información retenida en la memoria?, ¿Se puede considerar una posible representación del contenido que hay en la base de datos que forma la memoria humana?. Se debe hacer hincapié en cómo se pueden representar los conceptos y en cómo se pueden representar las relaciones entre los mismos. La memoria contiene una enorme variedad de conceptos que pueden recuperarse y utilizarse a voluntad.

El conocimiento que tiene un individuo forma una red interconectada de conceptos y acciones; el conocimiento de un tema está relacionado con el conocimiento de otros. Para que un sistema pueda representar la información contenida en la memoria humana necesita tres características: ser capaz de registrar conceptos, relacionarlos entre si y acceder a esa información.

Las redes semánticas nos muestran la red de interconexiones entre componentes significativos. Éste puede ser un buen instrumento para la representación del conocimiento.

4.2 Red semántica de vectores

Tomamos como nodo central VEC.RED y establecemos como descendiente directo “Magnitud” y de ésta “MagnitudTensorial”, de la cual derivan tres hijos: “OrdenCero”, “OrdenUno”, “OrdenDos”. A “OrdenUno” le podemos asignar los métodos: “módulo”, “xcoord”, “ycoord”, “xángulo”, “yángulo”... métodos que heredaría el nodo “Vector” ya que éste desciende de “OrdenUno” así como todos los descendientes del nodo “ParámetrosVectoriales”, por la misma razón.

De “ParámetrosVectoriales” desciende “ParámetrosvectorialesTres”, “ParámetrosvectorialesCinco”, “ParámetrosvectorialesSeis” y “ParámetrosvectorialesAsociados” (nos estamos refiriendo a vectores libres, deslizantes y fijos), así como de “ParámetrosvectorialesTres” descienden “OperacionVectores” (con sus métodos asociados: suma, resta, producto escalar, producto mixto) y “OperadoresVectoriales” (con sus métodos asociados: gradienteEscalar, divergenciaVector y rotacionalVector).

De igual forma, de “ParámetrosvectorialesCinco” descenderían “NúmerovectoresUno” y de éste “MomentoUnVector” (con los métodos: momPunto, momPrincipal, campMom, momÁxico) y también “NúmerovectoresUnSistema” y de éste MomentoUnSistema (al que también se le podrían asignar métodos similares).

De ParámetrosvectorialesAsociados descenderían GeometríaVectorial y de ésta GeometríavectorialRecta, GeometríavectorialPlana, GeometríavectorialCurva, esta última con los métodos radioTorsión, radioFlexión, planoOsculador, planoNormal, planoTangente, rectaNormal, rectaTangente, rectaBinormal, etc.



Figura 3. Red Semantica de Vectores

5. CONCLUSIÓN

Ante las dificultades que se plantean en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, es necesario incorporar nuevos recursos didácticos (árboles y redes semánticas) provenientes de otras disciplinas como la Inteligencia Artificial, para intentar superarlos. Los árboles semánticos estructuran el razonamiento, poniendo en evidencia la conexión entre el lenguaje superficial (o terminal) y el lenguaje profundo (o no terminal). Por su parte las redes semánticas estructuran el conocimiento y establecen la relación entre los distintos conceptos de la Física.

La elaboración por parte del alumno de árboles y redes permite comprobar de manera rigurosa los razonamientos aplicados por el alumno en la obtención de las leyes y teoremas de la Física.

REFERENCIAS

- AMOSOV, N. (1967). La Modelación del Pensamiento y de la Psique. Ediciones Pueblos Unidos. Montevideo.
- ARBIB, M. (1976). Cerebros, Máquinas y Matemáticas. Alianza Universidad. Madrid
- BRATKO, I. (1986). PROLOG, Programming for Artificial Intelligence. Addison-Wesley
- BROOKSHEAR, J. Teoría de la computación. Adisson-Wesley Iberoamericana. Mexico
- BUNDY, A et al. (1979). MECO: A program to solve mechanics problems. Department of Artificial Intelligence. University of Edimburg. Working Paper n° 50.
- CASTELLS, P. DÍAZ, J. MORIYÓN, R. RODRÍGUEZ, P. SAIZ, F. (1991). Una base de conocimiento para la resolución de problemas de cálculo infinitesimal.
- FROST, R. (1989). Bases de datos y sistemas expertos. Diaz de Santos. Madrid.
- GARDNER, H.(1996). La nueva ciencia de la mente. Paidós.Madrid
- MOREIRA, A. (1988). Mapas Conceptuales en la Enseñanza de la Física. Contactos Vol III, N° 2 Abril-Junio 38-56.
- MICHALSKI, R et al. (1984).Machine learning. An artificial Intelligence Approach. Springer-Verlag. USA.
- MIRA, J. (1998). Aspectos básicos de la inteligencia artificial y las redes neuronales. Cursos de Verano. UNED- AVILA.
- NILSSON, J.(1998). Principios de inteligencia artificial. Díaz de Santos. Barcelona.
- NOVAK, J. (1992). Teoría y práctica de la educación. Alianza Universidad. Madrid.
- NORMAN, D. (1985). El Aprendizaje y la Memoria. Alianza Psicología. Madrid
- PÉREZ DOMINGUEZ, J.M. (1987). Movimiento BC. Base de conocimiento sobre el movimiento para aplicar en el sistema experto FISICA. ICE. UAM. Madrid.
- PÉREZ DOMINGUEZ, J.M. Y PÉREZ MARIÑO, S. (1996). Un sistema de componer música con Mathematica. Primer Congreso nacional de Mathematica. Valencia.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.(1974). Mecánica y Ondas. UNED. Madrid.
- WOLFRAM, S. (1991). Mathematica. A System for Doing Mathematics by Computer. Adisson-Wesley. USA.