



El ayudante médico PRAXIS y los sistemas expertos: similitudes y diferencias

Patricia Bevilacqua

patricia.bevilacqua@gmail.com

“Monografía vinculada a la conferencia del Dr. Ricardo Low (Infor-Med Corporation) sobre
“Nuevas herramientas de ayuda y documentación para el médico” el 27 de abril de 2010”

RESUMEN

El presente artículo pretende explicar los conceptos fundamentales de los Sistemas Expertos y de Praxis y analizar las similitudes y diferencias entre estos dos tipos de sistemas.

Se verán las nociones generales acerca de lo que son los Sistemas Expertos, se explicarán las componentes de su arquitectura, sus ventajas y desventajas.

En cuanto a Praxis se explicará la tecnología de Procesador de Conceptos en la que se basa, se describirán algunas características del producto como el concepto de agente, las Guías de prácticas clínicas, las consultas prospectivas y el intercambiador de conocimiento. Luego se compara el procesador de conceptos con otras maneras de ingresar la información.

Por último se exponen las diferencias y similitudes entre los dos tipos de sistemas.

Palabras Clave

Sistemas Expertos, Praxis

1. Introducción

En los últimos años se ha dado un crecimiento importante en el desarrollo de herramientas informáticas de diagnóstico y documentación médica como respuesta a la demanda del personal de la salud por automatizar y facilitar sus prácticas médicas. Es así que han surgido varias herramientas con diferentes enfoques, costos y tecnologías. En este artículo nos centraremos en las características fundamentales de dos de las herramientas disponibles actualmente: los Sistemas Expertos y la solución propuesta por Praxis, para luego analizar algunas de las similitudes y diferencias entre estas dos herramientas.

2. Sistemas Expertos

Los Sistemas Expertos o Sistemas Basados en conocimiento son una rama de la Inteligencia artificial. Son sistemas que intentan capturar el conocimiento de uno o varios expertos¹ de un área específica para luego simular el razonamiento humano. Para ello estos sistemas cuentan con una base de conocimiento que permite almacenar y posteriormente utilizar ese conocimiento para brindar un diagnóstico.

¹ Una persona es considerada experta cuando posee conocimiento especializado en un determinado tema.

2.1 Arquitectura de Sistemas Expertos

Si bien la arquitectura de estos sistemas es compleja y tiende a cambiar de un sistema a otro en términos generales todos incluyen los componentes que se describen a continuación y que se muestran en la Figura 1:

2.1.1 Base de Conocimiento

El conocimiento provisto por el experto se almacena en la base de conocimiento mediante reglas. Una regla es una afirmación lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa y la conclusión. Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos AND, o, OR. Por lo tanto la base de conocimiento es la parte del sistema donde están los conocimientos que el sistema tiene sobre toda un área especializada. Es un almacenamiento permanente. (1)

La base de conocimientos debe permitir un rápido acceso a los conocimientos, debe ser modular, fácil de desarrollar y mantener. (2)

Hay que diferenciar los conceptos de dato y conocimiento. El conocimiento se refiere a afirmaciones de validez general tales como reglas, distribuciones de probabilidad, etc. Los datos se refieren a la información relacionada con una aplicación particular. Por ejemplo, los síntomas y las enfermedades forman parte del conocimiento, mientras que los síntomas particulares de un determinado paciente forman parte de los datos. Mientras el conocimiento es permanente, los datos son destruidos después de usarlos. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento y los datos se almacenan en la memoria de trabajo. Todos los procedimientos de los diferentes sistemas y subsistemas que son de carácter transitorio se almacenan también en la memoria de trabajo. (3)

2.1.2 Base de Hechos o memoria de trabajo

También llamada base temporal, almacena los datos recibidos de los usuarios sobre el problema particular que se intenta resolver en un momento dado y lleva la secuencia histórica de todo lo que se haya hecho con el objetivo de poder justificar los pasos que se soliciten. Una vez finalizada la consulta esta base se elimina y la base de conocimientos queda con sus reglas y esquemas iniciales. (4)

2.1.3 Motor de Inferencia

Es un módulo que interpreta el conocimiento almacenado en la base de conocimientos y lo usa junto con los datos para obtener nuevas conclusiones o hechos.

Por ejemplo, si la premisa de una regla es cierta, entonces la conclusión de la regla debe ser también cierta. Los datos iniciales se incrementan incorporando las nuevas conclusiones. Por ello, tanto los hechos iniciales o datos de partida como las conclusiones derivadas de ellos forman parte de los hechos o datos de que se dispone en un instante dado. Para obtener conclusiones, los expertos utilizan diferentes tipos de reglas y estrategias de inferencia y control. En lo relativo a las reglas de inferencia, básicamente el motor puede usar:

- **Modus Ponens:** es quizás la regla de inferencia más comúnmente utilizada. Se utiliza para obtener conclusiones simples. En ella, se examina la premisa de la regla, y si es cierta, la conclusión pasa a formar parte del conocimiento. Por ejemplo, supongamos que tenemos la regla, “Si A es cierto, entonces B es cierto” y que sabemos además que A es cierto. La regla Modus Ponens concluye que B es cierto. Esta regla de inferencia, que parece trivial, debido a su familiaridad, es la base de un gran número de sistemas expertos.
- **Modus Tollens:** se utiliza también para obtener conclusiones simples. En este caso se examina la conclusión y si es falsa, se concluye que la premisa también es falsa. Por ejemplo, supongamos de nuevo que se tiene la regla, “Si A es cierto, entonces B es cierto” pero se sabe que B es falso. Si se utiliza la regla Modus Ponens no se puede obtener ninguna conclusión, pero la regla Modus Tollens concluye que A es falso.

2.1.4 Interface de Usuario

La interface de usuario permite la comunicación entre el usuario y el sistema, a través del ingreso de datos por parte del usuario, planteando preguntas, dando información y mostrando la conclusión final a la que ha arribado el sistema experto. Toda esta información, ya sea de entrada o de salida, pasa por la base de hechos.

Es aconsejable poner especial atención en la interface, pues el reconocimiento de la bondad del sistema experto depende de su aspecto y uso. En la interface se deben incluir elementos gráficos, colores, ratones, ventanas, etc. (2)

2.1.5 Módulo de Explicación

El módulo de explicación justifica el proceso de razonamiento que ha seguido el motor de inferencia del sistema experto para llegar a sus conclusiones. Los usuarios pueden hacer preguntas del tipo: ¿por qué?, ¿cómo?, ¿qué pasa si? y éste módulo les proporcionará la respuesta adecuada. (2)

Los componentes explicativos pueden ser suficientes para el ingeniero del conocimiento, ya que está muy familiarizado con el entorno del conocimiento de datos y a veces basta también para el experto, pero para el usuario, que a menudo desconoce las sutilezas del conocimiento de datos, los componentes explicativos son todavía poco satisfactorios. (5)

2.1.6 Módulo de adquisición del conocimiento.

El módulo de adquisición del conocimiento es el programa que permite a los expertos modificar la base de conocimientos. Es muy útil porque el conocimiento constantemente está cambiando y es necesario actualizarlo. También sirve para corregir errores que existan en dicha base. (2)

Un buen componente de adquisición ayudara considerablemente a la labor del ingeniero del conocimiento. Este puede concentrarse principalmente en la estructuración del conocimiento sin tener que dedicar tanto tiempo en la actividad de programación.

Requisitos o características del módulo de adquisición:

1. El conocimiento, es decir, las reglas, los hechos, las relaciones entre los hechos, debe poder introducirse de la forma más sencilla posible.
2. Representación clara de la información contenida en una base de conocimientos.
3. Comprobación automática de la sintaxis.
4. Posibilidad constante de acceso al lenguaje de programación. (5)

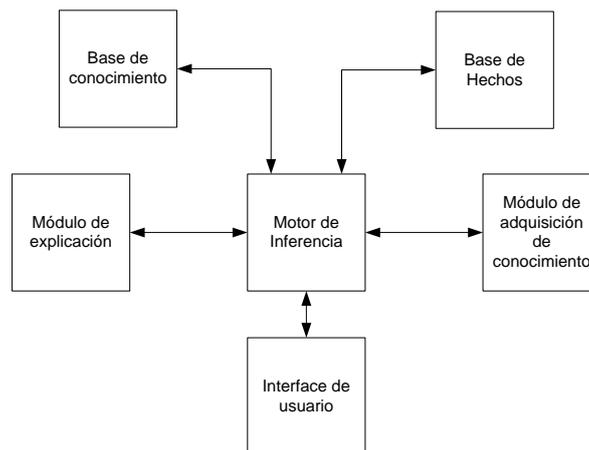


Figura 1 – Componentes de un Sistema Experto

2.2 Componente humana

Un sistema experto es el resultado de la colaboración de uno o varios expertos humanos especialistas en el tema de estudio y los ingenieros del conocimiento, para que el sistema sea utilizado por los usuarios finales que son quienes dialogarán con el sistema para resolver problemas o bien aprender de ellos.

Los expertos humanos suministran el conocimiento básico en el tema de interés, y los ingenieros del conocimiento trasladan este conocimiento a un lenguaje, que el sistema experto pueda entender. La colaboración de los expertos humanos, los ingenieros del conocimiento y los usuarios es, quizás, el elemento más importante en el desarrollo de un sistema experto. Esta etapa requiere una enorme dedicación y un gran esfuerzo debido a los diferentes lenguajes que hablan las distintas partes y a las diferentes experiencias que tienen. (3)

2.3 Ventajas y Desventajas

2.3.1 Ventajas

- **Permanencia:** A diferencia de un experto humano un SE (sistema experto) no envejece, y por tanto no sufre pérdida de facultades con el paso del tiempo.

- **Replicación:** Los SE reproducen el conocimiento y heurística de los expertos humanos. Esto permite que se pueda copiar y distribuir la experiencia tanto como se necesite y a un costo razonable.
- **Rapidez:** Un SE puede obtener información de una base de datos y realizar cálculos numéricos mucho más rápido que cualquier ser humano.
- **Bajo costo:** A pesar de que el costo inicial pueda ser elevado, gracias a la capacidad de replicación el costo finalmente es bajo.
- **Entornos peligrosos:** Un SE puede trabajar en entornos peligrosos o dañinos para el ser humano.
- **Fiabilidad:** Los SE no se ven afectados por condiciones externas, un humano sí (cansancio, presión, etc.).
- **Fácil modificación:** El concepto de separar el conocimiento del mecanismo de inferencia facilita el proceso de modificación del conocimiento. Esto es importante porque el conocimiento cambia frecuentemente.
- Apoyo Académico. (6)
- **Consistencia en las respuestas:** Los expertos humanos pueden dar soluciones diferentes al mismo problema; incluso el mismo experto humano puede dar respuestas distintas en diferentes ocasiones. Por su parte, los SE son siempre consistentes en la solución de los problemas, brindando respuestas iguales todo el tiempo.
- **Disponibilidad permanente:** Los SE están siempre disponibles, las 24 horas del día.
- **Preservación de la experiencia:** El conocimiento de los expertos humanos presente en los SE, se preserva para la posteridad.
- **Explicación de la solución:** Una característica clave de los SE es que son capaces de explicar cómo llegaron a sus conclusiones, qué decisiones tomaron y por qué lo hicieron. Esta explicación clarifica y justifica los resultados. (2)
- **Documentación:** Un SE puede proveer permanentemente documentación acerca de su proceso de decisión.
- **Oportunidad:** La información está disponible a tiempo para la toma de decisiones.
- **Amplitud:** El conocimiento de múltiples expertos puede ser combinado para obtener un sistema más amplio.
- **Complejidad:** Un SE puede revisar todas sus transacciones, una persona sólo una muestra. (7)

2.3.2 Desventajas

- **Sentido común:** Para un SE no hay nada obvio. Por ejemplo, SE podría admitir que un hombre lleva 40 meses embarazado, a no ser que se especifique que esto no es posible ya que un hombre no puede procrear hijos.
- **Lenguaje natural:** Con un experto humano podemos mantener una conversación informal mientras que con un SE no podemos.
- **Capacidad de aprendizaje:** Cualquier persona aprende con relativa facilidad de sus errores y de errores ajenos, que un SE haga esto es muy complicado.
- **Perspectiva global:** Un experto humano es capaz de distinguir cuales son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.
- **Capacidad sensorial:** Un SE carece de sentidos. El SE requiere de la entrada simbólica correspondiente a las sensaciones del experto humano.
- **Flexibilidad:** Un humano es sumamente flexible a la hora de aceptar datos para la resolución de un problema.
- **Conocimiento no estructurado:** Dificultad para manipular información poco estructurada, especialmente la información incompleta, inconsistente o errónea. (6)
- **Creatividad:** El experto humano puede responder creativamente ante situaciones inusuales. (7)
- **Degradación:** El SE no es bueno para reconocer cuando no existe respuesta, o está fuera de su área de conocimiento. (7)
- **Programación:** Difícil de elaborar y precisan mantenimiento complejo.
- **Dominio limitado.**- El dominio de aplicación de los SE es limitado. Esta creado para un área específica, o sea que no tiene conocimiento sobre otras ramas de especialización.

3. Praxis

El sistema de registros médicos electrónicos de Praxis se basa en la tecnología llamada Procesador de Conceptos que propone un enfoque nuevo para la gestión de Guías de Prácticas Clínicas (CPG) y Consultas.

El Procesador de Conceptos, es un motor de inteligencia artificial que aprende de sus casos previos y permite documentar cada vez más rápido, fácil y mejor.

Este enfoque permite que el sistema aprenda de la forma de practicar la medicina de cada médico en particular y de cada nuevo caso que se presenta.

3.1 Procesador de Conocimientos

El Procesador de Conceptos es una red neuronal que genera automáticamente la documentación de la consulta de un nuevo paciente a partir de la recuperación instantánea de texto de consultas anteriores similares que haya visto el médico en el pasado utilizando el software.

La curva en forma de campana que se muestra en la figura 2 es la que mejor describe como el procesador de concepto crea una base de datos de conocimientos médicos por cada médico.

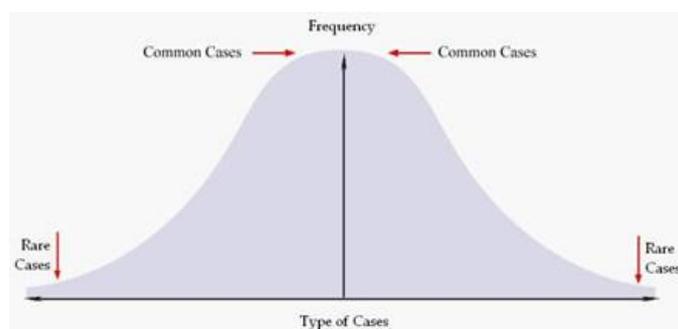


Figura 2 - Curva en forma de campana

Al ingresar un caso nuevo, el médico se puede encontrar con una de 3 posibilidades:

1. Una nueva consulta con el paciente puede ser idéntica a una registrada previamente (y por la tanto aprendida) en el programa.
2. La nueva consulta con el paciente puede ser diferente, pero similar a una previamente aprendida por el programa desde otro paciente.
3. Una nueva consulta con el paciente es única y diferente a todas las que han sido ingresadas anteriormente.

3.1.1 Consultas idénticas

Si la consulta actual es idéntica a una que se ha tratado en el pasado, el texto se generará automáticamente al instante. Lo que se genera no se limita solamente a la documentación escrita con las propias palabras del médico, sino que además de las notas de la consulta se incluye información adicional como prescripciones impresas o enviadas por fax, instrucciones y documentos del paciente, informes y procedimientos operativos, órdenes de admisión en el hospital, órdenes de laboratorio, días y horarios de próximas visitas, e incluso la lista de distribución a efectos de facturación.

3.1.2 Consultas similares

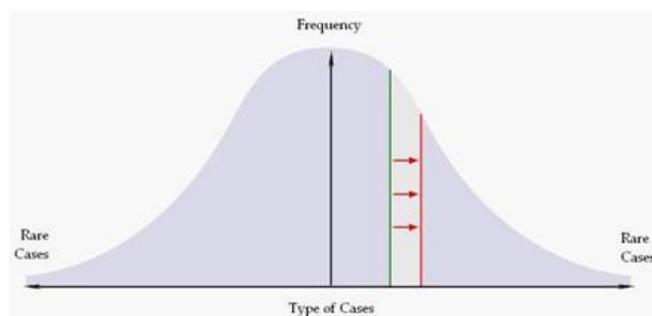


Figura 3 - La nueva consulta (en rojo) es creada mediante la edición del caso similar previo (en verde).

Si la consulta no es igual a una previamente aprendida, entonces se debe editar desde el texto del caso más similar que se adecúe al caso actual. Hacer pequeños cambios se torna obviamente más rápido y sencillo que ingresar totalmente un nuevo caso desde el comienzo, y menos pasible de cometer errores. Después de realizar estos pequeños cambios, el conjunto entero de documentos es generado instantáneamente como en el caso anterior, pero todos estos nuevos cambios son guardados separadamente para su reutilización en casos similares en el futuro.

Cuando un caso futuro cae entre los dos casos cercanos mencionados, la edición toma la mitad del tiempo que el ingresado anteriormente, y después un cuarto del tiempo para ingresar el siguiente caso de estas características y así sucesivamente. Esto significa que cuanto más se utiliza Praxis, más rápido se vuelve ayudando a documentar cada vez más rápido, fácil y mejor.

El procesamiento de conceptos provee una oportunidad de auto-enseñanza y auto-aprendizaje continuo. Cada nuevo caso mejora la calidad de las notas y de la medicina que el médico practica. Los errores aleatorios son reducidos y la calidad médica continúa evolucionando aún después de alcanzar la velocidad óptima de ingreso de casos.

3.1.3 Casos Raros

Lo que hace que un caso sea raro es la forma particular de agrupación del conjunto de elementos de un caso. Los elementos de una consulta con un paciente que originan un caso raro, tal como descubrimientos físicos, reportes de rayos X, procedimientos, instrucciones al paciente y otros, pueden ser fácilmente adaptados para cumplir con las necesidades de la documentación del caso, con cambios menores o quizás ninguno. Muchos de los elementos que originan un caso raro probablemente hayan sido registrados en el pasado en problemas mucho más comunes presentados en otros pacientes. Como los elementos que componen cualquier caso siguen curvas independientes en forma de campana por su cuenta, son instantáneamente invocados por el procesador de conceptos para utilizarse con casos únicos o raros. Por ejemplo, las instrucciones precisas para la fiebre en un caso de resfrío común pueden ser utilizadas para un caso de Fiebre Hemorrágica Mediterránea con pocos cambios o ninguno (y dichos cambios son salvados para el futuro). (8)

3.2 Agentes

El concepto de agente deriva de la tecnología de procesador de conceptos. Un agente puede verse como un mensaje electrónico similar a los emails. La diferencia más importante que tienen los agentes con los emails es que los agentes son inteligentes, porque saben cuándo y cómo mostrar su mensaje y a quién. El agente se vincula con el resto de la información del caso a través del motor de procesamiento de concepto el cual lo relaciona con la evaluación del caso. Dado que Praxis aprende de los casos previos de los médicos, los agentes correctos son invocados solo cuando es necesario y ejecutan lo que el médico ha programado para circunstancias similares. (9)

3.3 Guías de prácticas clínicas (CPG)

Las CPG en Praxis son una variante de un agente que no está vinculado a una evaluación o a un paciente dado, sino a un conjunto de condiciones que se establecen de antemano. Estas CPGs también pueden ser importadas desde fuera de la clínica con la plena autorización del director de la clínica.

Los agentes CPG pueden ser fácilmente programados para activarse sólo bajo ciertas condiciones, como por ejemplo un tiempo dado en el futuro, con cierta periodicidad, y cuando un determinado tipo de usuario entra en contacto con un determinado tipo de paciente. Cuando decimos “un tipo dado de paciente” nos referimos a un paciente que se presenta con un conjunto particular de:

- Criterios demográficos como edad, género, seguro y definiciones clínicas
- Datos de resultados de laboratorio
- Resultados de signos vitales o información de parámetros clínicos
- Medicación recetada
- Códigos de patología ICD-9s
- Códigos de procedimientos y servicios médicos CPTs

O cualquier combinación de los anteriores. Solo si un paciente cumple con estos criterios e interactúa con el médico las guías configuradas aparecerán. Un agente puede ser ejecutado cuando se presenta un paciente con una patología específica o cuando se presenta un resultado de laboratorio ante un especialista en particular. Otros usuarios no podrán ver el agente que fue disparado para un determinado médico.

Los agentes CPG están constituidos de una lista de elementos que pueden ser recomendaciones o consultas prospectivas, cada uno tiene una periodicidad independiente y demandas independientes de respuesta. (9)

3.4 Consultas Prospectivas

Las consultas prospectivas son una CPG pero a la inversa.

Las preguntas prospectivas son preguntas que se le indican al médico para que sean realizadas a un cierto paciente mientras está siendo entrevistado. Por ejemplo, la consulta puede ser una solicitud de un examen de sangre para un paciente determinado con un diagnóstico particular. Una vez que el paciente se realizó el examen el médico marca en el sistema que el examen se realizó y de ahí en más se podrá obtener el resultado de la prueba de sangre retrospectivamente a partir de ese momento.

La consulta puede incluir preguntas directas acerca de los síntomas y los hallazgos físicos en determinados tipos de pacientes. (9)

3.5 Intercambiador de conocimientos (Knowledge Exchanger)

El Intercambiador de conocimientos de Praxis es una biblioteca auxiliar que puede utilizarse en cualquier momento, que le permite al médico obtener conocimiento de otros colegas y seguir manteniendo su propia base de conocimientos separada para seguir aprendiendo de su propia experiencia.

El médico podrá seleccionar un elemento importado de una base de conocimientos auxiliar externa, y luego adaptarlo a su metodología y su forma de documentar un caso. A partir de ese momento, el texto importado se incorpora al texto de su propia base de conocimientos, para ayudarle en otros casos siempre que lo necesite.

Las bases de conocimiento pueden obtenerse de colegas en su clínica o especialidad, o de muchos expertos de Praxis. No hay límite para la cantidad de bibliotecas a importar y al importar una biblioteca es siempre temporal. El médico solo tiene que utilizar lo que necesita y adaptarlo a su forma de escribir y practicar y desechar el resto. Por ejemplo un usuario podrá importar una discusión sobre un dolor abdominal o una presentación de un caso de hipertensión o simplemente una instrucción del paciente.

Esta herramienta facilita el aprendizaje de nuevos usuarios debido a que no se necesita que inicien su sistema desde cero. No solo pueden obtener el conocimiento de usuarios expertos de Praxis en su especialidad, sino que también pueden avanzar en el aprendizaje usando bases de conocimientos externas como modelos heurísticos para desarrollar el suyo propio. (10)

3.6 Comparación del procesador de conceptos con otras maneras de ingresar información

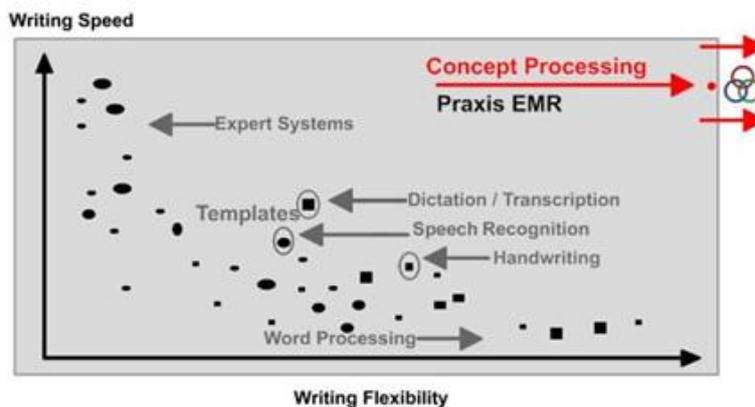


Figura 4 – Comparación del Procesador de Conceptos con otros tipos de EMRs

Existe una relación inversa entre la velocidad y la flexibilidad de ingreso de datos en todos los sistemas de templates. Por un lado, los sistemas expertos de tipo EMR pueden generar texto al instante, pero el texto no representa de manera precisa lo que se quiere expresar. Por otro lado están los sistemas que permiten la totalidad de cambios manuales (por ejemplo, un procesador de textos) a expensas de la velocidad y accesibilidad. En el medio están las templates, que obligan a elegir entre listas de opciones, que en algunos casos, ocurre que ninguna de las opciones de la lista es adecuada para el caso.

El procesador de conceptos "migra" desde el punto inicial 0,0 en la Figura 4, al cuadrante superior derecho a los pocos días de uso, y poco a poco sigue evolucionando más hacia la derecha, ya que mejora su conocimiento y la flexibilidad. (8)

4. Diferencias y similitudes de los Sistemas Expertos con respecto a Praxis

La principal diferencia que se encuentra entre estos dos enfoques es la forma de concebir el conocimiento. Los sistemas expertos son sistemas que como se vio anteriormente capturan el conocimiento de uno o varios expertos de un área específica. En estos sistemas el conocimiento es en cierta forma limitado por que cada vez que se desee actualizar o introducir un nuevo concepto es necesario reprogramar el sistema. Praxis en cambio aprende de las acciones realizadas por el usuario médico que interactúa con él, y aprende de su forma de practicar la medicina. Cada vez que se necesita incorporar un nuevo conocimiento, el médico tiene la opción de incorporar su experiencia propia, incorporar conocimiento aprendido en revistas médicas o conferencias o bien incorporar el conocimiento de otros colegas (mediante el intercambiador de conocimiento). Por otra parte Praxis permite la incorporación de conocimiento de varias áreas de la medicina, mientras que los sistemas expertos se centran sólo en un área de aplicación.

Otra de las diferencias encontradas refiere al ingreso de datos. Si bien los sistemas expertos permiten ingresar texto rápidamente, no permiten que sea fácilmente modificado para que refleje las intenciones del médico, mientras que Praxis, no solo genera texto al instante y además incluye toda la información necesaria para el caso actual, sino que permite modificar fácilmente cualquier detalle de la información y guardarlo como un nuevo caso para el futuro.

Como similitud se encontró que el objetivo de ambos sistemas es plantear herramientas para simplificar las tareas de documentación y diagnóstico médico aunque los enfoques sean totalmente diferentes.

5. Conclusiones

Analizando los enfoques propuestos por ambas herramientas se pudo observar que Praxis mediante la tecnología de Procesador de conceptos plantea un sistema mucho más flexible e intuitivo para el médico, ya que el sistema aprende en la medida que crece la cantidad de casos ingresados al sistema. En cuanto a los sistemas expertos son de gran utilidad cuando no se cuenta con la experiencia de un experto en una cierta área de especialización, pero presentan ciertos problemas a la hora de actualizar o ingresar nuevo conocimiento.

6. Agradecimientos

A los sres. Ricardo Low, Jerónimo Garcia y Cristian Cicceri por la información y el tiempo brindado.

7. Bibliografía

1. **Richter, Sergio Raúl.** SISTEMAS EXPERTOS PARA TECNICOS. *WEB ELECTRÓNICA*. [En línea] <http://www.webelectronica.com.ar/news27/nota06.htm>.
2. **Serrudo, Lic. Carla Salazar.** Una Introducción a los Sistemas Expertos. *Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Ciencias Y Tecnología*. [En línea] <http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/269/publicacion/IntSE.pdf>.
3. **José Manuel Gutiérrez.** Blog del Dr. José Manuel Gutiérrez. [En línea] <http://personales.unican.es/gutierjm/papers/BookCGH.pdf>.
4. **Javier E. Fox.** Iatreia Revista Médica. *Universidad de Antioquia - Facultad de Medicina - Colombia*. [En línea] <http://www.iatreia.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/viewArticle/638>.
5. SISTEMAS EXPERTOS. *SEMINARIO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA*. [En línea] <http://personales.com/cuba/cardenas/internet/sistexp.html>.
6. Sistema Experto. *Wikipedia*. [En línea] http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_experto.
7. **SANDRA DE LA FUENTE .** Sistemas Expertos en Medicina . *Profesora Departamento de Ciencias de la Computación - Universidad de Chile*. [En línea] https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2006/2/CC50M/1/material_docente/objeto/115840.
8. How Praxis EMR works. *PRAXIS*. [En línea] <http://www.infor-med.com/electronic-medical-record-system.htm>.
9. CLINICAL PRACTICE GUIDELINES AND QUERIES. *PRAXIS*. [En línea] http://www.infor-med.com/downloads/why_praxis_downloads/Praxis_Clinical_Practice_Guidelines.pdf.
10. Knowledge Exchanger. *PRAXIS*. [En línea] http://www.infor-med.com/knowledge_exchanger.htm.