

Expert System as a Support Tool in the Diagnosis of Diseases

Jesus Abrego, Quinto año Lic. En Ingeniería de Sistemas y Computación, Manuel Espinoza, Quinto año Lic. En Ingeniería de Sistemas y Computación, y Josué Muñoz, Quinto año Lic. En Ingeniería de Sistemas y Computación Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, jesduarte01@gmail.com, jsueg1994@gmail.com Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, maeg-20@hotmail.com

Profesor Asesor: Cristian Pinzón Trejos, PhD en Informática con especialidad en Sistemas Inteligentes Universidad Tecnológica de Panamá, Sede Veraguas, Santiago, cristian.pinzon@utp.ac.pa

Abstract– Expert systems are a branch of artificial intelligence that emulates human reasoning. It is made up of a set of components, including an inference engine and a knowledge base. The expert systems are developed for specific well-defined domains achieving better results than humans. The expert systems act as assistants and complex auxiliaries of great utility, providing effective help in those jobs that require precision, speed and high knowledge for decision making.

On medicine field, expert systems are being used as a support tool for the diagnosis of diseases. In this article we present a case study of a prototype of an expert system to support the diagnosis of chronic kidney diseases and the urinary tract.

The prototype built of the expert system is based on an architecture of software applications to perform different functions ranging from the development of the graphical interface for interaction with the user, the reasoning engine, the construction of the knowledge base obtained from experts in urology and nephrology.

The prototype is designed to support the work of general medicine, in the first stage of patient screening in the hospitals' offices before referring it to a specialist. The system recommends a diagnosis according to the symptoms presented by the patient. The prototype is currently in the testing phase. At the end of the article, the results of the proposed work are presented.

Keywords— Artificial Intelligence, Diagnostic, Diseases, Expert System, Medicine.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.165>
ISBN: 978-0-9993443-1-6
ISSN: 2414-6390

Sistema Experto como Herramienta de Apoyo en el Diagnóstico de Enfermedades

Jesus Abrego, Quinto año Lic. En Ingeniería de Sistemas y Computación, Manuel Espinoza, Quinto año Lic. En Ingeniería de Sistemas y Computación, y Josué Muñoz, Quinto año Lic. En Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, jesduarte01@gmail.com, jsueg1994@gmail.com
Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, maeg-20@hotmail.com

Profesor Asesor: Cristian Pinzón Trejos, PhD en Informática con especialidad en Sistemas Inteligentes
Universidad Tecnológica de Panamá, Sede Veraguas, Santiago, cristian.pinzon@utp.ac.pa

Abstract—*Los Sistemas Expertos son una rama de la Inteligencia Artificial que emula el razonamiento humano. Está formado por un conjunto de componentes, entre ellos un motor de inferencia y una base de conocimiento. Los Sistemas Expertos se desarrollan para dominios específicos bien delimitados logrando mejores resultados que los humanos. Los Sistemas Expertos actúan como asistentes y auxiliares complejos de gran utilidad, brindando ayuda efectiva en aquellos trabajos que requieren precisión, rapidez y alto conocimiento para la toma de decisión.*

En el campo de la medicina, los Sistemas Expertos, están siendo utilizados como herramienta de apoyo para el diagnóstico de enfermedades. En este artículo, se presenta un caso de estudio de un prototipo de un sistema experto para apoyar en el diagnóstico de enfermedades renales crónicas y del tracto urinario.

El prototipo construido del sistema experto está basado en una arquitectura de aplicaciones de software para realizar diferentes funciones que van desde el desarrollo de la interfaz gráfica para la interacción con el usuario, el motor de razonamiento, la construcción de la base de conocimiento obtenida de expertos en urología y nefrología, etc. El prototipo está pensado para apoyar la labor de los médicos de medicina general, en la primera etapa de filtro de paciente en los consultorios de los hospitales, antes de referirlo a un especialista. El sistema recomienda un diagnóstico de acuerdo a los síntomas que presenta el paciente. En estos momentos el prototipo se encuentra en fase de pruebas. Al final del artículo se presentan los resultados del trabajo del trabajo propuesto.

Keywords— *Artificial Intelligence, Diagnostic, Diseases, Expert System, Medicine.*

I. INTRODUCCIÓN

Un sistema experto (SE) es una aplicación de software y su nombre se deriva del término “sistema experto basado en conocimiento” [1]. Un SE utiliza conocimiento humano el cual es capturado y almacenado en una base de conocimiento dentro de una computadora. Generalmente, el desarrollo de una aplicación de SE está delimitado a un problema en específico donde habitualmente un experto humano realizaba el trabajo. La calidad del SE depende en gran medida del conocimiento del experto humano, que es quien provee dicho conocimiento. El SE lo que hace es imitar el proceso de razonamiento que los expertos llevan a cabo a la hora de solucionar un problema en específico.

En la actualidad los SE son utilizados con el rol de asistentes, apoyando en la toma de decisiones a los expertos.

Estos sistemas pueden tener la capacidad de ser mejores que los humanos a la hora de tomar decisiones en un área bien acotada y específica [2].

En los últimos años, la Inteligencia Artificial ha tenido un desarrollo creciente en diferentes áreas. En el caso del campo de la medicina, apuntan a plantear soluciones innovadoras, que puede ayudar a reducir costos, tiempo, errores médicos, etc.

En el sector médico se ha sabido aprovechar esta tecnología por ser uno de los sectores más intensivos en el uso de información, de forma que podría presentarse como un sector prototipo “basado en el conocimiento” [3]. En Panamá como en los demás países latinoamericanos se suscita el uso de estas herramientas tecnológicas con el propósito de mejorar el bienestar de los individuos.

De estas tecnologías los SE como parte o rama de la Inteligencia Artificial, y debido a sus atractivas características son muy populares entre las herramientas tecnológicas. A modo de ejemplo se describirán brevemente algunos de estos SE desarrollados.

INTERNIST trabaja con una gran base de datos que actualmente incluye alrededor de más de 500 enfermedades cubriendo un 25% de toda la medicina interna [4].

CADACEUS mejora de INTERNIST programado para realizar diagnósticos en medicina interna, ha sido descrito como el sistema experto “de mayor conocimiento intensivo existente” [4].

DENDRAL diseñado para examinar análisis espectroscópicos de una molécula desconocida y predecir que estructuras moleculares pueden explicar ese análisis [4].

MYCIN desarrollado a principios de los años 70 por Edgar ShortLiffe, inspirado en DENDRAL, Su principal función consistía en el diagnóstico de enfermedades bacterianas de la sangre y tratamiento de la meningitis [4].

PUFF Construido utilizando EMYCIN, diseñado para la interpretación de medidas de pruebas respiratorias aplicadas a pacientes en un laboratorio de función pulmonar (FP) [4].

GUIDON es otro ejemplo de sistema experto que se utiliza en las facultades de medicina para formar a médicos [4].

Para propósito de este trabajo se presenta un caso de estudio donde se desarrolló un prototipo de un sistema experto aplicado con el fin de dar respaldo al diagnóstico de los

médicos de medicina externa tratando enfermedades de las vías urinarias y de tipo renal.

El resto del artículo es estructurado como sigue: En la sección 2 se introduce el concepto de los sistemas expertos, sus principales componentes, ventajas y desventajas y tecnologías para su desarrollo.

En la sección 3 se presenta un caso de estudio donde se describen las tecnologías utilizadas en la plataforma de computación propuesta. En la sección 4 se, presentan los resultados, comparando de forma teórica, el sistema propuesto. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones del trabajo.

II. SISTEMAS EXPERTOS

A. Componentes de un sistema experto

¿Qué componentes y arquitectura son necesarios para que un sistema experto funcione brindando un soporte al médico de medicina general para dar un diagnóstico efectivo en casos de enfermedades del tracto urinario y renales?

Entre los principales componentes para la construcción de un sistema experto se pueden mencionar 3 elementos internos que lo conforman:

1. Codificación: En este fragmento se encuentra la parte del código del sistema (lenguajes de programación), se puede describir como el esqueleto del sistema, en ella se escriben todas las líneas de código, reglas, hechos, etc.
2. Base de conocimiento: Es la responsable de almacenar todo el conocimiento que provee el experto humano.
3. Motor de inferencia: Se encarga de procesar la información de la base de conocimiento y gestionarla, Es el cerebro del SE, también conocido como estructura de control o interpretador de reglas.

Luego existen 3 elementos externos con los que interactúa el SE como lo son:

1. Experto Humano: Es la pieza clave para que el conocimiento que el sistema conlleve tenga un alto grado de lógica y experiencia.
2. Ingeniero del conocimiento: Es uno de los componentes más importantes debido a que es el encargado de transcribir la información del experto humano a código.
3. Usuario: Es el usuario final, el cual se encarga de interactuar directamente con el sistema.

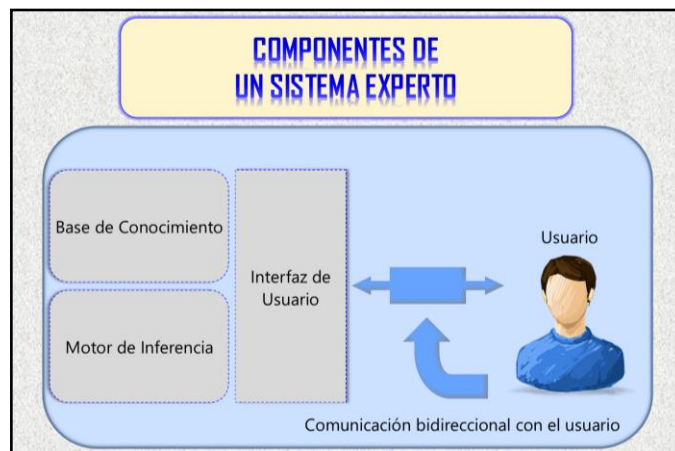


Fig. 1 Componentes de un Sistema Experto.

En la Fig. 1 Se observan cuales son los componentes que forman la arquitectura de un Sistema Experto y como se conectan para el desenvolvimiento del funcionamiento.

B. Antecedentes

Los Sistemas Expertos fueron desarrollados por la congregación de IA a mediados de los años 60. En este periodo de investigación de IA se pensaba que algunas pocas reglas de razonamiento anexadas a poderosos ordenadores podían producir un experto o rendimiento super humano. Un intento en este sentido fue el Generalpurpose Problem Solver (GPS), Solucionador de problemas de propósito general [1].

C. Características

Al momento de desarrollar un sistema experto se garantiza que contemplen las siguientes características:

- Un tiempo de respuesta rápido y adecuado.
- Capacidad para resolver problemas de igual o mejor forma que el experto humano.
- Debe ser un sistema que demuestre ser confiable y no cometer fallos o desaciertos.
- Capaz de explicar la razón por la que tomo dicho camino para llegar a la respuesta.
- Permitir ser flexible o escalable para facilitar la modificación o integración de nuevas características.
- Incorpora mecanismos de aprendizaje y comunicación en lenguaje natural.
- Se desarrolla para realizar una tarea específica sobre un dominio determinado [5].

Estas son las principales características que componen un sistema experto.

D. Ventajas / Desventajas

Como parte de las ventajas un sistema experto no se enferma, envejece o migra a otras empresas, es una

herramienta estable para su entorno y fiable porque sus actividades son completamente replicables.

La velocidad de procesamiento es mayor al de un ser humano. Los SE pueden almacenar su conocimiento y poder aplicarlo para cuando sea necesario. Así mismo los SE pueden ser utilizados por personas no expertas para resolver problemas determinados. Además, si una persona utiliza con frecuencia un SE aprenderá de él.

Si se evalúa el costo total del empleo de esta tecnología, la replicabilidad y estabilidad, asociado a la seguridad que provee, resulta siendo un tanto económico, aun teniendo en cuenta que lo invertido en las herramientas fue parcialmente elevado [1].

Al brindar una segunda opinión como respuesta generan gran confianza a los especialistas en las decisiones tomadas.

Los SE pueden manejarse en lugares en donde el ser humano no puede tener acceso por el grado de peligrosidad. El conocimiento de varios expertos o especialistas de un sector determinado puede ponerse a disposición de del SE [5].

En el caso de estudio desarrollado se abarco 2 áreas de la medicina, (Nefrología y Urología). Brindando mayor capacidad al Sistema.

Por otra parte, los sistemas expertos también tienen sus limitaciones al modificar o actualizar el SE debemos recurrir a reprogramar (a lo mejor esta es una de las limitaciones más acentuadas), es cierto que optar por estas herramientas requiere de un costo elevado en dinero y tiempo, además que estos programas son poco flexibles a cambios y de difícil acceso a información no estructurada.

Carecen tanto del sentido común como de habilidad para establecer o mantener una conversación informal con ellos. Por estas razones no son capaces de diferenciar lo relevante de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.

Por otro lado, la inteligencia artificial no ha podido desarrollar sistemas que sean capaces de resolver problemas de manera general debido a lo complicado que es o de aplicar el sentido común para resolver situaciones complejas [1].

E. Tecnologías implicadas

El desarrollo del sistema no es posible sin la utilización de herramientas tecnológicas diseñadas específicamente para construir softwares de este tipo, en esta sección se presentan y se describen cada de una de las tecnologías que dan soporte al sistema experto desarrollado como caso de estudio.

CLIPS

Es un lenguaje de programación basado en reglas de encadenamiento progresivo escrito en C, útiles para crear sistemas expertos y otros programas donde una solución heurística es más fácil de implementar y mantener que un algoritmo solución [6].

La herramienta de Clips ofrece grandes ventajas como [7]

- Modularidad: Cada regla es una unidad del conocimiento que puede ser añadida, modificada o eliminada independientemente del resto de las reglas.

- Uniformidad: Todo el conocimiento es expresado de la misma forma.

- Naturalidad: Las reglas son la forma natural de expresar el conocimiento en cualquier dominio de aplicación.

- Explicación: La traza de ejecución permite mostrar el proceso de razonamiento.

El SE propuesto utiliza CLIPS para expresar y trabajar hechos y reglas, los cuales fueron proporcionados por el experto humano, y transcribidlos a CLIPS.

JESS

Es un motor de reglas y un entorno de scripting escrito enteramente en el lenguaje Java de Oracle por Ernest Friedman-Hill en Sandia National Laboratories en Livermore, California. Usando Jess, puedes construir un software Java que tenga la capacidad de "razonar" usando el conocimiento que proporcionas en forma de reglas declarativas.

Jess es pequeño, liviano y uno de los motores de reglas más rápidos disponibles. Su poderoso lenguaje de scripting le da acceso a todas las API de Java. Jess incluye un entorno de desarrollo completo basado en la galardonada plataforma Eclipse [8].

NetBeans

Es una herramienta que brinda un entorno de desarrollo para que los programadores puedan escribir, compilar, depurar y ejecutar programas.

Java es un lenguaje de programación de propósito general, su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo [9].

Ventajas:

- El manejo de la memoria se hace automáticamente.
- Lenguaje Multi-plataforma: El código escrito en java es leído por un intérprete, por lo que su programa funcionará en cualquier plataforma.
- Programación Orientada a Objetos: Paradigma muy utilizado hoy en día que facilita y organiza mucho la programación.
- Fácil de aprender.

F. Metodología CommonKADS

Para el desarrollo analítico del sistema se puso en práctica la metodología CommonKADS, la cual está diseñada para el análisis y la construcción de sistemas basados en conocimiento (SBC) de forma análoga a los métodos empleados en ingeniería de software [10]. Esta metodología permitió definir e identificar el estado del problema, las tareas a realizar, entre otras acciones para llevar a cabo el sistema.

La metodología CommonKADS ayuda a llevar el desarrollo del sistema de una forma controlada y estructurada ya que se presenta como un estándar en creación de sistemas expertos, permite trabajar el proyecto desde la recolección de información hasta el desarrollo final del prototipo. Consta de 3 etapas fundamentales en las que se dividen las tareas para la fabricación del SBC:

- Nivel Contextual
- Nivel Conceptual
- Nivel Computacional

En el primer nivel se presentan 3 modelos de tipo contextual: El modelo de organización, de tareas y modelo de agentes. En el segundo nivel podemos encontrar el conceptual en donde se detallan algunas características de los modelos de conocimiento y de comunicación. Finalmente, el tercer nivel es el computacional que consta del modelo de diseño.

MODELOS DE LA METODOLOGÍA COMMONKADS	
NIVEL: Contextual.	TIPO DE MODELO: Modelo de organización.
FORMULARIO:	OM - 1: Descripción y posibilidades de mejora.
Problemas y Organización	Problemas: ✓ Debido a la falta de especialistas en el área la atención al paciente se retrasa. ✓ Los médicos de medicina general no cuentan con el conocimiento adecuado.
Contexto Organizacional	Objetivos: • Conocer en forma detallada el diagnóstico que brinda el experto en el área para así plantear soluciones a situaciones que requieran un uso del conocimiento bajo restricciones de tiempo. Metas: • Mejorar e invertir en tecnologías apropiadas para cada uno de los consultorios de medicina general. Misión: • Ofrecer a cada uno de los pacientes un diagnóstico rápido y certero. Visión: • Ser una herramienta tecnológica en el área de la medicina para brindar el apoyo a médicos de medicina general y así brindar un diagnóstico inmediato.
Soluciones	• Implementar un SBC que posea el conocimiento necesario y que sea capaz de retroalimentarse para facilitar al área de medicina general realizar los diagnósticos pertinentes.

Fig. 2 Modelo de organización CommonKADS.

En la Fig. 2 se muestra el formulario OM1 del nivel contextual en el cual se describen las características del modelo de organización para detallar el contexto del proyecto, en base a la metodología CommonKADS.

III. CASO DE ESTUDIO

A. Enfermedades en las vías urinarios y sistema renal

Vías Urinarias

La infección del tracto urinario (ITU) consiste en la colonización y propagación microbiana, habitualmente bacteriana, por todo el recorrido y espacio del tracto urinario. Dependiendo del área en el que afecta la infección se puede nombrar pielonefritis si afecta al riñón y la pelvis renal, cistitis si implica a la vejiga, uretritis si afecta a la uretra y prostatitis si la infección se localiza en la próstata [11].

Las mujeres son más propensas a contraer una infección urinaria que los hombres. La infección que se limita a la vejiga puede ser dolorosa y molesta. Sin embargo, puedes tener consecuencias graves si la infección urinaria se extiende a los riñones [12].

Las infecciones urinarias se consideran como la causa más frecuente de infecciones por bacterias y se estima una tasa que aproximadamente 150 millones de pacientes son diagnosticados con Infecciones del tracto urinario al año en los Estados Unidos (USA). En Panamá no hay datos estadísticos actualizados sobre los patógenos más frecuentes encontrados en muestras de orina, mucho menos sobre la resistencia reportada de los mismos. Ante la falta de datos que nos permitan establecer ciertas recomendaciones cónsonas con la realidad en Panamá [13].

Sistema renal

Estudios consideran la enfermedad renal crónica (ERC), como el deterioro de la función de los riñones de manera irreversible [14].

En años posteriores las enfermedades renales crónicas no transmisibles como la diabetes, el cáncer, enfermedades cardiovasculares o enfermedades de tipo renal crónica han sido las culpables del 60% de la mortalidad actual de personas adultas en el mundo cifra que puede aumentar y/o superar el 80% en países que están en presente desarrollo [15].

A nivel global, tanto la incidencia como la prevalencia de la ERC se han incrementado de forma paulatina con el pasar de los años. Latinoamérica en su conjunto y Panamá como país no son excepciones a esta tendencia.

En Panamá, el crecimiento del número de pacientes con esta enfermedad, ha sido alarmante y muchos se encuentran en la etapa final de la ERC, sin embargo, la cantidad de personas en la región que teniendo indicación para diálisis la alcanzan, es de más o menos el 10%.

Esta inequidad nefrológica es debido a la carencia de lugares donde ofrecer diálisis, lo que eleva la mortalidad de estos pacientes. El precepto de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es brindar la mejor y una exclusiva atención al aumento en los diferentes tipos de enfermedades del tipo renal

Uno de los principales motivos por el cual se da un mayor incremento en el número de casos de pacientes con enfermedades renales con etapas más avanzadas es un diagnóstico no especializado y tardío o inoportuno debido a la escasez de especialistas en el área determinada.

Este conveniente diagnóstico lo realiza un especialista, sin embargo, el País solo cuenta con 90 especialistas en urología y en la provincia central de Veraguas solo hay 3 especialistas. Quienes realizan el diagnóstico inicial actualmente son los médicos de medicina general.

Según estadísticas de la Caja de Seguro Social hay más de 2,200 pacientes en tratamiento de diálisis y mensualmente un promedio entre 35 a 40 nuevos pacientes ingresan a esa entidad de salud para recibir atención y la estadística marca 12 defunciones por mes. Paciente con edades promedios de 50 años, y en su mayoría del sexo masculino; sin embargo, lo más preocupante es que en los últimos años también ha aumentado el número de niños y adolescentes con enfermedades crónicas en los riñones y algunos han necesitado tratamiento de diálisis.

Este contexto hace necesario dotar a hospitales, consultorios y médicos de herramientas que garanticen la detección temprana de enfermedades.

Actualmente en el país muchos centros hospitalarios carecen de tecnologías de ayuda y soporte tanto para el diagnóstico como en la toma de decisiones, por este motivo se presenta una solución que propone un modelo de Sistema Experto en la detección temprana de Enfermedades del tracto urinario y renal.

B. Construcción del Sistema Experto

En cuanto a la construcción del sistema se elaboraron las siguientes fases:

Fase 1:

- **Revisión del arte:** Se realizó una rápida revisión del estado del arte para así recabar toda información de investigaciones existentes sobre SE de este tipo.
- **Obtención del conocimiento:** Se efectuó una cita para realizar una entrevista con el experto humano para adquirir el conocimiento del tema por parte de una fuente confiable y profesional.
- **Identificar la problemática:** Se procede a esclarecer y determinar cuáles el problema y los objetivos que se pretenden solucionar.

Fase 2:

- **Selección de tecnologías:** Se procedió a elegir las herramientas exclusivas que facilitasen la construcción del SE.
- **Desarrollo del sistema:** El sistema fue desarrollado entorno de programación NetBeans IDE, el cual permitió diseñar la interfaz gráfica. Sobre CLIPS se creó el código, que implementa el uso de reglas. La conexión de JAVA + CLIPS se realizó importando el paquete de librerías Jess y jsr94. Esto permitió solicitar la clase RETE para manejar JESS en Java. Un método Batch avisa al código CLIPS para trabajar en el entorno de NetBeans. Cuando se produce una acción en la interfaz Gráfica. En el proyecto de java existe una clase nombrada “controlador” se encarga de recibir información de los métodos acontecidos en otra clase esta vez nombrada “manejador” de eventos, la cual permite el registro para el lanzamiento de alguna regla del código CLIPS y mostrarlas simultáneamente en la interfaz Gráfica. Siempre que el usuario, en este caso el médico, ejecuta una acción en la interfaz se hace un llamado a la clase RETE (motor de inferencias de JESS).
- **Validación del sistema:** En esta etapa se realizan pruebas del sistema en un entorno real para aprobar su funcionamiento, actualmente el sistema se encuentra en estado de prueba.

C. Diseño del prototipo

La estructura del sistema es una fase fundamental para el desarrollo de todo proyecto, en esta etapa se va desarrollando gráficamente un modelo del prototipo para ejemplarizar el posible diseño final del prototipo y el funcionamiento del mismo con todos sus componentes y funcionalidades enlazadas.

Diseño conceptual

El siguiente esquema representa el funcionamiento de los componentes del prototipo de SE desarrollado en cuanto a la parte del software se refiere.



Fig. 3 Diagrama conceptual del funcionamiento del prototipo.

La Fig. 3 Explica detalladamente como es la ejecución en cuanto a software se refiere, desde la lectura de datos en la interfaz Gráfica hasta el llamado de reglas y hechos en CLIPS.

Diseño Gráfico

En este apartado presentaremos gráficamente cuales son los compontes, herramientas y tecnologías que se utilizaron para poder llevar a cabo el desarrollo del modelo de Sistema Experto propuesto para el área nefrológica y urológica, también se presenta un extracto de las reglas del código y por último como ciertas capturas del sistema en ejecución.



Fig. 4 Representación del funcionamiento.

La Fig. 4 Representa el diseño modo esquemático de todos los componentes tanto de software como hardware que forman el sistema final propuesto y desarrollado para la detección de enfermedades del tracto urinario y de tipo renal.

Extracto de reglas

```
;;Estas reglas son para indicar que camino debe tomar el sistema del arbol dependiendo de las respuesta seleccionada
(defrule nodo-pregunta-cancer
  ?respuesta <- (respuesta cancer)
  ?nodo-actual <- (nodo-actual ?nombre-actual)
  (Nodo (tipo pregunta) (nombre ?nombre-actual) (nodo-cancer ?nodo-cancer))
  =>
  (retract ?respuesta ?nodo-actual)
  (assert (nodo-actual ?nodo-cancer))
)

(defrule nodo-pregunta-ERC
  ?respuesta <- (respuesta ERC)
  ?nodo-actual <- (nodo-actual ?nombre-actual)
  (Nodo (tipo pregunta) (nombre ?nombre-actual) (nodo-ERC ?nodo-ERC))
  =>
  (retract ?respuesta ?nodo-actual)
  (assert (nodo-actual ?nodo-ERC))
)

(defrule nodo-pregunta-c-renales
  ?respuesta <- (respuesta c-renales)
  ?nodo-actual <- (nodo-actual ?nombre-actual)
  (Nodo (tipo pregunta) (nombre ?nombre-actual) (nodo-c-renales ?nodo-c-renales))
  =>
  (retract ?respuesta ?nodo-actual)
  (assert (nodo-actual ?nodo-c-renales))
)
```

Fig. 5 Fragmento de las reglas.

En la Fig. 5 Se observa un extracto del conjunto de reglas en CLIPS. Como resultado se produce una base de conocimiento sobre las enfermedades renales y del tracto urinario. Este conocimiento estará accesible para posteriores evaluación y empleo en otros sistemas.



Fig. 6 Interfaz de inicio

En la Fig. 6 Demuestra cómo es el diseño gráfico de la interfaz de inicio del prototipo actual, el mismo contiene un único botón para acceder rápidamente al test y realizar consultas al sistema.

Ejecución del modelo de SE desarrollado

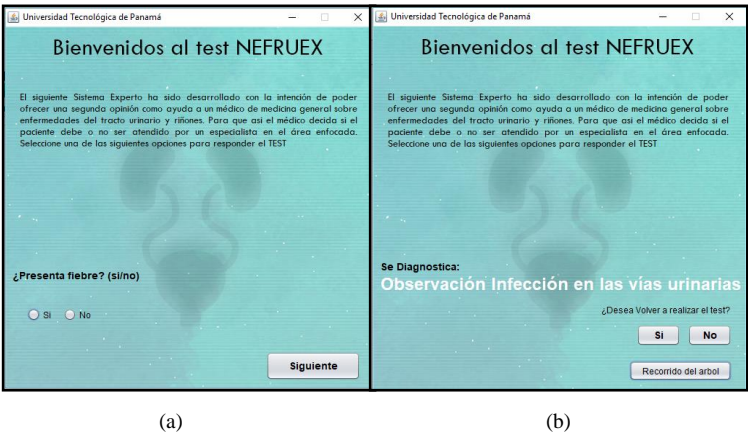


Fig. 7 Sistema en ejecución.

En la Fig. 7 Se aprecia el prototipo en ejecución el sistema inicia con la primera pregunta como podemos observar en la parte (a) de la imagen luego de que el usuario haya respondido una serie de preguntas el sistema infiere en una respuesta y presenta un resultado o un posible diagnostico en este caso el sistema pudo concluir Diagnosticando “Observación de infección en las vías urinarias” como se puede ver en la parte (b) de la imagen.

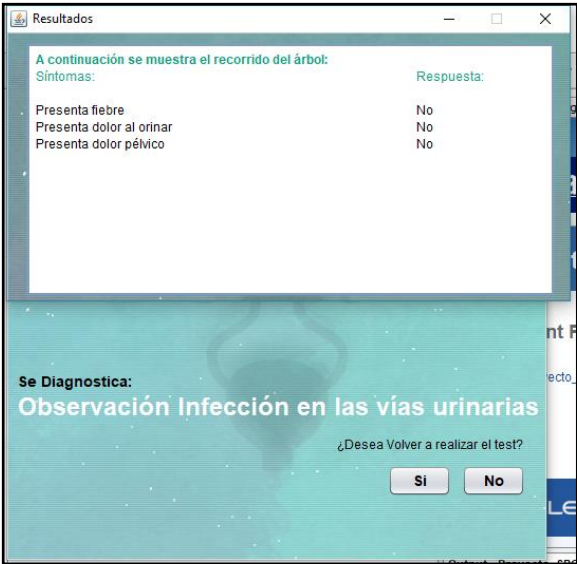


Fig. 8 Recorrido del Árbol.

En la Fig. 8 Se expone una ventana que muestra el recorrido realizado por el sistema antes de llegar a dicha conclusión.

IV. RESULTADOS

Se construyó un modelo de un sistema experto para la detección de enfermedades del tracto urinario y renales como caso de estudio, el sistema se encuentra en etapa de prueba en un centro hospitalario de la provincia de Veraguas, Panamá.

Se presento un conjunto de herramientas disponibles y frameworks vinculadas para la parte del diseño y creación del software del Sistemas Expertos como caso de estudio.

Como resultado se realizó una breve comparación del SE de caso de estudio con un Sistema Experto para el entrenamiento y la asistencia en el diagnóstico en un Centro de Diálisis, un Sistema experto similar que va enfocado a la viabilidad de aplicación de Diálisis [16].

TABLA I
TABLA COMPARATIVA ENTRE UN SE DE DIÁLISIS Y EL SE COMO CASO DE ESTUDIO

SED	SE DE CASO DE ESTUDIO (NEFRUEX)
Diagnosticar la viabilidad de aplicación de Diálisis.	Diagnosticar enfermedades e infecciones en riñones y tracto urinario.
Diagnosticar la modalidad terapéutica que mejor se adapte al paciente.	Diferenciar el tipo de enfermedad que afecten al sistema urinario.
Desarrollado bajo la metodología I.D.E.A.L.	Desarrollado bajo la metodología COMMONKADS.
Basado en el conocimiento de un experto en nefrología.	Basado en el conocimiento de un experto en urología y nefrología.
Se emplea pseudo-reglas y tablas de decisión para la representación de conocimiento.	Se emplea reglas y un árbol de decisión para la representación de conocimiento.
Conocimiento mediante un mapa de conocimientos (MC)	Conocimiento mediante el motor de inferencia RETE.

Como se aprecia en la Tabla I de comparación, los Sistemas Expertos están siendo aprovechados en el sector médico con resultados significativos. El sistema experto propuesto es planteado para la detección de enfermedades renales y de tracto urinario como control preventivo.

V. CONCLUSIONES

Los Sistemas Expertos han sido diseñados para facilitar las tareas en múltiples campos de aplicación y proporcionar equivalentes resultados a los de un experto humano.

Como se ha presentado en este trabajo, en el área de la medicina, los sistemas expertos han tenido gran relevancia por sus capacidades en tareas como sistemas de recomendación, predicción, diagnóstico, etc. Para nuestro caso concreto, en el área de la medicina como apoyo al diagnóstico de enfermedades renales crónicas y del trato urinario.

Como resultados obtenidos de este trabajo podemos resumir:

- Se elaboró un modelo de un sistema experto aplicado al diagnóstico de enfermedades renales crónicas y del trato urinario.
- Se elaboró un conjunto de reglas a partir del conocimiento de un médico especialista en el área de urología.
- Se describieron un conjunto de herramientas de software para la construcción de un sistema experto.
- Se desarrolló un prototipo de un sistema experto que se encuentra en fase de evaluación.

Una vez evaluado el prototipo, se estudiará ampliar el número de enfermedades del área renal y tracto urinario bajo la supervisión de especialistas en urología y nefrología. En la misma dirección ampliar el campo de investigación de los SE en otras enfermedades donde la carencia de especialistas es una realidad en nuestros hospitales.

RECONOCIMIENTOS

Deseamos agradecer al Dr. José Ayarza, especialista en urología, por brindar la información necesaria y vital para el desarrollo y validación del proyecto. Igualmente, Al Dr. Ernesto Alvarado, por permitirnos realizar pruebas del prototipo en su consultorio.

También al profesor, Dr. Cristian Pinzón como asesor del proyecto y la Prof. María Luisa Vélez por su constante apoyo durante la redacción del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Badaró, L. Javier Ibañez, and M. J. Agüero, "Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones," *Rev. Cienc. y Tecnol.*, vol. 13, pp. 349–363, 2013.
- [2] E. Turban and P. Watkins, "Integrating Expert Systems and Decision Support Systems," *MIS Q.*, vol. 10, no. 2, pp. 121–136, 1986.
- [3] V. Ramos, "Las {TIC} en el sector de la salud," *Bit*, no. 163, p. 41.45, 2007.
- [4] D. K. Paul Harmon, *Sistemas expertos: aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, 1ra ed. Madrid, España, 1988.
- [5] R. Jiroušek, "Expert systems-Principles and programming. Joseph C. Giarratano and Gary Riley," *Automatica*, vol. 27, no. 3, pp. 585–586, 1991.
- [6] Clips, "CLIPS: A Tool for Building Expert Systems." [Online]. Available: <http://clipsrules.sourceforge.net/>.

[Accessed: 01-Feb-2018].

- [7] J. A. Bañares, “Lenguajes basados en reglas,” 2005.
- [8] Sandia National Laboratories, “Jess, the Rule Engine for the Java Platform.” [Online]. Available: <http://www.jessrules.com/jess/index.shtml>. [Accessed: 01-Feb-2018].
- [9] Oracle, “NetBeans IDE.” [Online]. Available: <https://netbeans.org/>. [Accessed: 01-Feb-2018].
- [10] Hispa Vista, “Metodologia CommonKADS.” [Online]. Available: <http://metodologiadeagentes.galeon.com/enlaces1101021.html>. [Accessed: 01-Feb-2018].
- [11] E. González Monte, “Infecciones de tracto urinario,” *Nefrología*, pp. 1–18, 2010.
- [12] Mayo Clinic, “Infección de las vías urinarias - Síntomas y causas - Mayo Clinic.” [Online]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/urinary-tract-infection/symptoms-causes/syc-20353447>. [Accessed: 01-Feb-2018].
- [13] J. Z. Cisneros, “INFECCIONES DEL TRACTO GENITOURINARIO, ACTUALIDAD EN EPIDEMIOLOGÍA Y EN EL TRATAMIENTO DE LAS INFECCIONES DEL TRACTO URINARIO ALTO Y BAJO 2014,” vol. 1, p. 14, 2014.
- [14] J. C. Flores García Moreno, M. Alvo, H. Borja, J. Morales, J. Vega, C. Zúñiga, H. Müller, and J. Münzenmayer, “Enfermedad renal crónica: Clasificación, identificación, manejo y complicaciones,” *Rev Méd Chile*, vol. 137, pp. 137–177, 2004.
- [15] M. N. Ávila-Saldivar, “Enfermedad Renal Crónica: Prevención y detección temprana en el primer nivel de atención,” *Med. Interna México*, vol. 29, pp. 148–153, 2013.
- [16] M. Panizzi, Marisa D. - Ierache, Jorge Salvador - Pariso, “Sistema experto para el entrenamiento y la asistencia en el diagnóstico en un centro de diálisis,” vol. 1, p. 10, 2016.