



**VICERRECTORADO ACADÉMICO**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**TESIS**

**SISTEMA EXPERTO DE ARQUITECTURA ABIERTA Y EL  
NIVEL DE CONOCIMIENTO OBTENIDO USANDO  
PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS EN LOS  
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INFORMÁTICA DE LA  
UNIVERSIDAD “RICARDO PALMA”, AÑO 2015.**

**PRESENTADA POR:**

**BACHILLER SILVIA ADELMA CAMPOS BENITES.**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**LIMA – PERU**

**2016**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi señor Jesucristo:

“El ángel del señor hace sus rondas junto a los que le temen y los guarda.

Gusten y vean cuán bueno es el Señor,  
¡Dichoso aquel que busca en él asilo”

(Salmo 34,8-9)

## **AGRADECIMIENTO**

Un sincero agradecimiento a mi asesor por su predisposición permanente e incondicional para aclarar las dudas y por sus importantes sugerencias durante la elaboración de la Tesis.

## **RECONOCIMIENTO**

A la Universidad Alas Peruanas por brindarme la oportunidad de desarrollar competencias y optar el grado académico de Maestro en Ingeniería de Sistemas.

## Resumen

En el presente trabajo se pretende implementar las técnicas de Inteligencia Artificial por medio programación orientada a objetos usando Visual C#.net, con el fin de disponer de un sistema experto de arquitectura abierta que se utilice en la enseñanza de Inteligencia Artificial y pueda ser accedido de manera gratuita por los estudiantes de Ingeniería Informática del Perú, con el fin de generar cambios a futuro y se forme una sólida cultura de investigación.

Con este propósito se ha desarrollado el prototipo de un sistema de arquitectura abierta que se pueda utilizar en la docencia con el fin de que los estudiantes de Ingeniería informática tengan un modelo de la arquitectura que usando la programación orientada a objetos les sirva de guía para la creación de sus propios sistemas expertos y no se limiten a utilizar éstos solamente a nivel de usuario y es que la Inteligencia Artificial es una de las ramas de la ciencia de la computación que tiene grandes perspectivas de desarrollo y aplicación, por lo que es importante tener sistemas expertos de arquitectura abierta que muestren realmente la implementación de las técnicas de Inteligencia Artificial, al ser este sistema de acceso libre hará posible que los estudiantes de informática y sistemas de las universidades del Perú, puedan tener un modelo de prototipo a seguir.

En el presente trabajo de Investigación el tipo de investigación es aplicada: su nivel es descriptivo-explicativo y el método de investigación empleado es el experimental; el objetivo trazado fue determinar si un sistema experto de arquitectura abierta maximizaría significativamente el impacto de la enseñanza de Inteligencia Artificial por medio de la programación orientada a objetos en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma, para lo cual se desarrolló el prototipo del sistema experto, el cual se

puso a prueba y cuya validez se confirmó mediante la aplicación de un Cuestionario on line de alternativas múltiples, utilizando la herramienta Formularios de Google, que permite tener en un Drive de Google publicada la encuesta, este tipo de Formulario tiene la ventaja de que es gratuito y guarda las respuestas de los encuestados en una hoja de cálculo, lo cual favorece el posterior análisis estadístico.

Siendo la conclusión general del presente trabajo: que un estudiante de Ingeniería Informática disponga del prototipo de un sistema experto de arquitectura abierta incrementa la comprensión del paradigma de programación orientada a objetos y por consiguiente lo predispone a convertirse en un investigador del campo de Inteligencia Artificial.

Palabras claves: Sistema experto, Inteligencia Artificial, Programación orientada a objetos, arquitectura, nube.

## **Abstract**

The present work it is to implement the techniques of Artificial Intelligence using object-oriented programming using Visual C# .net, in order to have an expert system open architecture that is used in teaching Artificial Intelligence and can be accessed from free for students of Computer Engineering of Peru, in order to generate changes in the future and a strong research culture is formed.

For this purpose it has developed the prototype of an open architecture system that can be used in teaching so that students of Computer Engineering have a model of architecture using object-oriented programming guide them to the creating their own expert systems and not limited to use them only user level is that AI is a branch of computer science that has great prospects for development and implementation, so it is important to expert systems open architecture that really show the implementation of Artificial Intelligence techniques, as this system will enable free access computer science students and university systems of Peru, may have a prototype model to follow.

In the present research the type of research is applied: its level is descriptive and explanatory research method used is experimental; the goal set was to determine if an expert open architecture system significantly maximize the impact of teaching Artificial Intelligence through object-oriented students of Engineering at the University Ricardo Palma programming, for which the prototype was developed expert system, which was tested and whose validity was confirmed by the application of a questionnaire online multiple choice, using Google Forms tool, which allows a Drive from Google published the survey, this type of form has the advantage that it is free and saves the answers of respondents to a spreadsheet, which favors the subsequent statistical analysis.

As the general conclusion of this work: a student of Computer Engineering provided the prototype of an expert system open architecture increases the understanding of the paradigm of object-oriented programming and therefore predisposes to become a field researcher Artificial Intelligence.

Keywords: Expert System, Artificial Intelligence, object-oriented programming, architecture, cloud.

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha querido incorporar "Inteligencia" a las máquinas. Nace así el concepto de Inteligencia Artificial (IA), que se convierte en realidad gracias a la tecnología disponible con las computadoras, actualmente la Inteligencia Artificial se relaciona con la Filosofía, la Neurociencia y la Lingüística haciendo posible que un programa computacional tenga raciocinio, pueda tomar decisiones y sea capaz de aprender, características todas propias del homo sapiens.

Las técnicas de la Inteligencia Artificial unidas a las tecnologías de programación actuales nos permiten incorporar las características propias del razonamiento humano por medio del desarrollo e implementación de un Sistema Experto. A nivel mundial se han realizado sistemas expertos para diferentes campos como son la medicina y la industria en general. Estos sistemas, que tienen un alto costo, son implementados por grandes compañías desarrolladoras de software o por centros de investigación que tienen grandes partidas presupuestarias dedicada a la investigación.

En el Perú no se cuenta con centros de investigación que tengan los recursos disponibles para investigar y generar prototipos de aplicación de Inteligencia Artificial, en Internet se pueden encontrar carcasas de sistemas, denominados "shell" que sirven para pruebas, en los que simplemente se agregan datos y se generan resultados, limitando así el aprendizaje de este fascinante campo de la programación.

Por lo anterior, la motivación de ésta investigación está centrada en desarrollar un sistema experto de arquitectura abierta que permita la enseñanza eficaz del funcionamiento de las técnicas de inferencia y programación orientada a objetos, necesarias para la implementación de la Inteligencia Artificial.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial la Inteligencia Artificial forma parte del plan de estudios de las carreras de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Informática, así como de otras carreras propias de Ciencias de Computación y es un tema de desarrollo en los centros de investigación académicos y gubernamentales, así por ejemplo la empresa dedicada a la investigación Vicarius (Vicarious, 2012) anunció que invertirá 15 millones de dólares en Inteligencia Artificial:

“Building machine intelligence is one of the most important and challenging problems humanity has ever faced. Advancements in neuroscience, probabilistic models, and computing power are enabling new strategies for AI research,” said Vicarious co-founder Dr. Dileep George. “We are honored to pursue this long term goal with the support of investors who share our deepest values,” added Vicarious co-founder D. Scott Phoenix.”

Asimismo en México, el proyecto de Inteligencia Artificial: “Modelos Gráficos Probabilistas Dinámicos” cuenta con un financiamiento de 15 millones de pesos mexicanos (Ventura, 2012) :

“...la financiación del proyecto, estará en manos por la Republica de México y la Unión Europea. Se prevé una inversión total de unos 15 millones de pesos moneda nacional (mexicana), en donde el 60 por ciento es proveniente del organismo público de

México, la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y por la Unión Europea. Mientras que el 40 por ciento restante recibe el aporte de instituciones particulares”

Sin embargo en nuestro país este tipo de investigación no se realiza por falta de financiamiento específico para ésta área de investigación.

Asimismo los libros sobre la materia tienen un alto costo y solamente muestran las bases teóricas de un sistema experto, asimismo cuando el estudiante realiza búsquedas en Internet, solo encuentra descripciones de sistemas expertos.

En nuestro medio solamente se disponen de shells bastante limitados de arquitectura cerrada en los que solo se puede apreciar los resultados de la aplicación previa carga de información , es así que el problema es la falta de sistemas y/o aplicaciones de arquitectura abierta que se puedan utilizar en la docencia a fin de poder transferir al estudiante las capacidades de utilización de las tecnologías asociadas con la Inteligencia Artificial a fin de que se pueda crear aplicaciones que utilicen la Inteligencia Artificial y el estudiante no se quede en el rol simple de usuario de la tecnología.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1 Delimitación Espacial**

La investigación se realizó en la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma.

### **1.2.2 Delimitación Social**

Esta investigación recopiló y analizó la información referente al problema de la falta de sistemas y/o aplicaciones de arquitectura abierta en el campo de la Inteligencia Artificial de los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma.

### **1.2.3 Delimitación Temporal**

Esta investigación es de actualidad, el tema de la misma es uno de los más importantes en el campo de la investigación informática.

La investigación tendrá una duración de 1 año, comenzó el 10 de mayo del 2015 y terminó el 10 de mayo de 2016.

### **1.2.4 Delimitación Conceptual**

Esta investigación abarca tres conceptos fundamentales, a saber: Sistema experto, Inteligencia Artificial y programación orientada a objetos.

## **1.3. Problemas de investigación**

### **1.3.1. Problema principal**

¿Influye significativamente la arquitectura abierta de un sistema experto en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos, en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma?

### **1.3.2. Problemas secundarios**

**P1.** ¿Permitiría un sistema experto de arquitectura abierta que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios?

**P2.** ¿Permitiría un sistema experto de arquitectura abierta, de distribución libre en cloud, que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio?

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar si la arquitectura abierta de un sistema experto influye en la enseñanza de inteligencia artificial usando programación orientada a objetos, en los estudiantes de Ingeniería informática de la Universidad Ricardo Palma.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Determinar si un sistema experto de arquitectura abierta permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.
  
- b) Determinar si un sistema experto de arquitectura abierta, de distribución libre en cloud permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio.

## **1.5 Hipótesis y Variables de investigación**

### **1.5.1 Hipótesis General**

La arquitectura abierta de un sistema experto influiría adecuadamente en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma.

## 1.5.2 Hipótesis secundarias

- a) Un sistema experto de arquitectura abierta si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.
  
- b) Un sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio.

## 1.5.3 Variables

Para una correcta comprensión de las variables que se utilizaron en la investigación se requiere la definición conceptual que permite la comprensión del fenómeno así como la definición operacional que establece las normas y procedimientos que seguirá el investigador para medir las variables en su investigación (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P., 2006).

- **Variable independiente**

X: sistema experto

- **Definición conceptual**

Un sistema experto es un sistema informático que imita el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema, se centra en un dominio muy preciso, puede almacenar conocimientos de expertos para un campo determinado y solucionar un problema mediante deducción lógica de conclusiones (Hayes-Roth & Waterman, 1984).

- **Definición operacional**

Se empleó ISO/IEC 25000, que proporciona una guía para el uso de la nueva serie de estándares internacionales llamada SQuaRE; System and Software Quality Requirements and Evaluation que contiene los requisitos y evaluación de calidad de productos de software (ISO25000, 2015).

- **Indicadores de la Variable Independiente**

X1: Motor de inferencia, programa encargado de aplicar la lógica de programación.

X2: Base de conocimiento, contiene el conocimiento estructurado.

• **Variable dependiente**

Y: Nivel de conocimiento de un sistema experto.

- **Definición conceptual**

De acuerdo a (Núñez Paula, I. A., & Núñez Govín, Y., 2005) el conocimiento se refiere al hecho o condición de saber algo con familiaridad, ganado a través de experiencia o asociación, es el grado de experticia en el manejo del software del sistema experto.

- **Definición operacional**

Se empleó un cuestionario para evaluar el nivel de conocimiento del sistema experto con el fin de determinar los indicadores de la variable independiente.

- **Indicadores de la Variable dependiente**

Y1: número de estudiantes que afirman que el sistema experto de arquitectura abierta incrementó en un nivel medio y alto su comprensión de la programación orientada a objetos.

Y2: Porcentaje de comprensión del tema “Clases y objetos” de POO (Programación orientada a objetos) mediante el sistema experto.

Y3: Porcentaje de comprensión del tema “Abstracción” de POO mediante el sistema experto.

Y4: Porcentaje de comprensión del tema “Herencia” de POO mediante el sistema experto.

Y5: Porcentaje de comprensión del tema “Polimorfismo” de POO mediante el sistema experto.

La matriz de consistencia de variables se puede apreciar en el Anexo 1.

## **1.6 Metodología de la investigación**

### **1.6.1. Tipo y nivel de Investigación**

#### **a) Tipo de Investigación**

La investigación desarrollada es de tipo sustantiva y básica.

La investigación básica consiste en recolectar una muestra con el objetivo de observar el comportamiento de una variable (dependiente) y su comportamiento en función de otras variables (independientes) que se han definido como relevantes en el estudio y determinar la relación existente.

#### **b) Nivel de Investigación**

Se realizó una investigación descriptiva-explicativa pues se investigó y desarrolló un sistema que permita implementar las técnicas de Inteligencia Artificial en un sistema de arquitectura abierta utilizando programación orientada a objetos.

### **1.6.2 Método y Diseño de la Investigación**

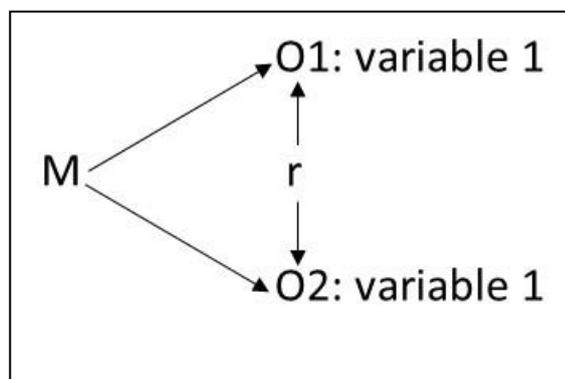
#### **a) Método de Investigación**

El método de investigación empleado es experimental.

#### **b) Diseño de Investigación**

Según (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P.,2006) diseño de una investigación se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea es así que la presente investigación se realizó en la Escuela Profesional de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma, se aplicó una encuesta on line de preguntas con alternativa múltiple, que permite obtener en línea la data a fin de realizar el análisis estadístico con el fin de validar las hipótesis de la investigación.

**Figura 1**  
**Diagrama del estudio**



Donde:

M: Muestra a emplearse en la investigación.

O: Observación realizada, con las variables concurrentes.

r : relación entre las variables.

### 1.6.3 Población y muestra de la Investigación

#### a) Población

La población estuvo conformada por los alumnos de 7mo ciclo en adelante de la Escuela Profesional de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma, la cual ascendió a 87 en el semestre 2015-II.

## b) Criterios de inclusión y exclusión de la muestra

### Criterios de inclusión

- Alumnos matriculados en 7mo ciclo o superior.
- Alumnos con asistencia regular.

### Criterios de exclusión

- Alumnos con más del 30% de inasistencia.

## c) Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la fórmula adecuada para el caso de una población finita y nivel de confianza 95% (Balestrini, 1999).

$$n = \frac{4 p q N}{(E^2(N-1) + 4pq)}$$

Donde:

n= muestra

p= q = 50% (proporciones complementarias)

E= 10% (error de muestreo)

N= 87 (población)

Luego, reemplazando en la ecuación, se obtiene:

$$n = \frac{4 \times (0.5) \times (0.5) \times 87}{(0.1 \times 0.1) (87-1) + 4 \times (0.5) \times (0.5)} = 46.77 \rightarrow 47.$$

## d) Nivel de Confianza y Grado de Significancia

Los datos recolectados para la prueba de hipótesis, tienen los siguientes parámetros:

- Nivel de confianza : 95%
- Significancia : 5%

## 1.6.4 Técnicas e instrumentos de Recolección de datos

### a) Técnicas

Se aplicó un cuestionario de encuesta a la población bajo estudio para evaluar la variable Nivel de conocimiento de un sistema experto, asimismo se entregó el prototipo a los alumnos a fin de evaluar el funcionamiento del mismo.

### b) Instrumento

Para la recopilación de información sobre el uso de Sistema Experto de arquitectura abierta se aplicó un Cuestionario on line de alternativas múltiples, utilizando la herramienta Formularios de Google, que permite tener en un Drive de Google publicada la encuesta, este tipo de Formulario tiene la ventaja de que es gratuito y guarda las respuestas de los encuestados en una hoja de cálculo.

El Cuestionario ha sido validado mediante el juicio de dos expertos en Inteligencia Artificial, los que se presentan en el Anexo 3: Validación con juicio de expertos. Para una óptima administración de resultados, el Cuestionario está organizado en 4 secciones:

Sección I : Información general del alumno.

Sección II: Conocimiento y opinión sobre Sistemas expertos e Inteligencia Artificial.

Sección III :Información general del Sistema Experto.

Sección IV: Resultados de prueba del Sistema Experto.

A continuación se muestra una vista de la Sección 1 del Cuestionario on line.

**Figura 2**  
**Vista de Sección 1 de Cuestionario**



The image shows a screenshot of a Google Form. At the top, there are browser tabs for 'Google Drive', 'Sistema Experto - Formul...', 'Cuestionario on line sobre...', and 'Universidad Ricardo Palm...'. The URL in the address bar is 'm/forms/d/e/1FAIpQLSflmoe4nF5-0dIFGv6sEcXmfkVJ97uoWz9ERIMI7d58Bw9kzQ/viewform'. The form header features the logos of 'UAP UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS' and 'SYSGOOP' with a green checkmark icon. The main title of the form is 'Cuestionario on line sobre utilización de Sistema Experto de Arquitectura abierta'. Below the title, it indicates 'I. INFORMACIÓN GENERAL DEL ALUMNO' and includes a note '\*Obligatorio'.

## **1.6.5 Justificación, Importancia y Limitaciones de la investigación**

### **a) Justificación de la investigación**

Se justifica por la necesidad de los estudiantes de las carreras de Ingeniería Informática y de Sistemas de contar con un sistema experto de arquitectura abierta con implementación de técnicas de Inteligencia Artificial programadas en Visual c#.net usando programación orientada a objetos.

Conocer cómo se desarrolla un sistema experto implementando técnicas de Inteligencia Artificial programadas en visual c#.net usando programación orientada a objetos, permitirá poder transferir a los estudiantes las tecnologías asociadas con la Inteligencia Artificial a fin de que estos puedan crear aplicaciones que utilicen realmente la Inteligencia Artificial y ya no sean simples usuarios de tecnología sino que puedan convertirse en creadores de sistemas que utilicen la Inteligencia Artificial.

### **b) Importancia de la investigación**

La Inteligencia Artificial es una de las ramas de la ciencia de la computación que tiene grandes perspectivas de desarrollo y aplicación, por lo que es importante tener sistemas expertos de arquitectura abierta que muestren realmente la implementación de las técnicas de Inteligencia Artificial, al ser este sistema de acceso libre hizo posible que los estudiantes de informática y sistemas de las universidades del Perú, puedan tener un modelo de prototipo a seguir.

### **c) Limitaciones**

Para el desarrollo de la presente investigación se tuvieron las siguientes limitaciones:

- Económicas: todo el costo de la investigación: tiempo de programación, insumos de papel y servicios de impresión, etc. ha sido asumido por la tesista, ya que no se cuenta con ningún financiamiento o apoyo de alguna entidad.
- Bibliográficas: los libros que se encuentran sobre el tema solo contienen las bases teóricas de un sistema experto, no hay disponible la documentación de la programación de un sistema experto, asimismo los libros tienen un alto costo, y cuando el estudiante realiza búsquedas en Internet, solo encuentra descripciones de sistemas expertos, ya que las web solo proporcionan descripciones de sistemas expertos.
- Tiempo: La presente investigación se ha desarrollado a tiempo parcial ya que la investigadora no cuenta con financiamiento y ha desarrollado enteramente el prototipo de sistema experto.
- Toma de cuestionarios: por limitación económica los cuestionarios se aplicaron a los alumnos de la escuela de Ingeniería Informática URP.
- Tecnología: se utilizó la versión 2013 de Visual C#.net versión Express, ya que ésta es una versión gratuita ofrecida por Microsoft Visual Studio 2013.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

- **Antecedentes del problema a nivel mundial**

Existe abundante documentación que registra el origen y desarrollo de la Inteligencia Artificial. Los distinguidos científicos que forman parte del grupo de los fundadores de la Inteligencia Artificial, son Norbert Wiener con sus aportes al campo de la cibernética y el autor de la teoría de los autómatas: Von Neuman. Un hito importante en los anales de ésta disciplina es la realización en 1,956 de la conferencia “Sumer Research Project” efectuada en el Darmouth Collage (USA) y auspiciado por IBM, en la que John McCarthy define “oficialmente” la denominación de “Inteligencia Artificial” como “todo aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia que puede en un principio describirse con tanta precisión que pueda ser simulado mediante

una máquina”, en ésta conferencia se presentaron diversos programas representativos de la Inteligencia Artificial tales como “Logic theorist” que era capaz de efectuar demostraciones matemáticas, se presentó por primera vez el concepto de “frame” o marco como una forma de representación del conocimiento, se presentaron diversos programas para jugar damas o ajedrez, entre los que sobresalió el programa presentado por Alez Bernstein, que realizaba las jugadas de ajedrez utilizando el concepto de búsqueda heurística. A continuación se detallan antecedentes de investigación en Inteligencia Artificial y sistemas expertos a nivel mundial.

- **Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence**

### **Resumen**

Con la pregunta inicial de: “¿Pueden pensar las máquinas?” inicia el artículo que se considera como el precursor de las investigaciones en Inteligencia Artificial, así propone una prueba en la cual se realizan una serie de preguntas a una computadora y a un ser humano, todos los cuales se encuentran en habitaciones diferentes. Al iniciar el test se realizan preguntas y el evaluador debe decidir cuál de las respuestas proviene de un ser humano, la propuesta de Turing indica que cuando la computadora “engaña” al evaluador debe ser considerada un sujeto pensante.

### **Conclusión**

Este primer aporte a la Inteligencia Artificial es de relevancia pues dio inicio a la construcción y desarrollo de la “máquina inteligente” actualmente se han generado variaciones de esta prueba que se encuentran dentro del campo de la Inteligencia Artificial.

- **McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity**

### **Resumen**

En esta investigación se propone que la actividad nerviosa de las redes neuronales humanas se pueden modelar utilizando lógica proposicional, pues los investigadores encuentran equivalencia entre los eventos neurofisiológicos y los que se pueden formular mediante redes neuronales Artificiales.

### **Conclusión**

Como resultado de sus investigaciones, los autores proponen el uso de las neuronas Artificiales como una forma eficiente de simulación del funcionamiento de las neuronas reales.

- **Shannon, C. E. (1988). Programming a computer for playing chess**

### **Resumen**

En 1,950 al desarrollar una investigación conducente a la programación de ordenadores para jugar al ajedrez, Claude Shannon ingresa al registro de pioneros de la Inteligencia Artificial ya que al crear un programa que permitiera a un ordenador jugar al ajedrez como un experto humano estaba proponiendo lo que hoy conocemos como “sistema experto”.

### **Conclusión**

De lo expuesto se puede deducir que el afán de crear Inteligencia Artificial, tal como la que puede hacer posible que una computadora realice jugadas de ajedrez, surge conjuntamente con la puesta en marcha del primer ordenador.

- **Antecedentes del problema en el Perú**

En el Perú, encontramos los siguientes antecedentes:

- **Vento Ortiz, A. (2013). Un sistema experto para optimizar la toma de decisiones de financiamiento.**

En esta tesis de maestría para optar el grado de magíster en Informática se implementa un sistema experto con técnicas y criterios financieros, para lo cual utiliza la hoja de cálculo Excel y Microsoft Query, en ésta tesis se muestra la aplicación de las matemáticas financieras por medio de una hoja Excel, es decir que se utiliza un software ya listo para almacenar la información, asimismo muestra cómo utilizar Microsoft Query para la realización de consultas.

- **Tapia Castillo, J. (2011). Sistema experto para el apoyo del proceso de orientación vocacional para las carreras de ingeniería en la Pontificia Universidad Católica del Perú.**

En esta investigación, se propone el desarrollo de un sistema experto para apoyar en la orientación vocacional de las carreras de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ofrece funcionalidades para que el estudiante verifique intereses y competencias personales y las pueda contrastar con información de las carreras existentes, asimismo también permite el apoyo del orientador vocacional, con el fin que el estudiante siga la carrera adecuada a su vocación y competencias personales.

- **Leiva, Z. (2010). Sistema experto " Kalm" para el mantenimiento preventivo correctivo en la red telefónica peruana.**

En "Sistema experto \Kalm\" se realiza el diseño de un sistema experto basado en lógica difusa, para mejorar el mantenimiento preventivo correctivo para conservar un adecuado nivel de la calidad del medio de transmisión de la red telefónica peruana. El autor propone la corrección de la cantidad de segundos errados y la cantidad de bits errados mediante un algoritmo Fuzzy, asimismo el sistema permite el trabajo con los diferentes operadores de comunicaciones en el Perú.

- **Sanchez, B., & Yosli, L. (2012). Desarrollo de un sistema experto sobre web para un diagnóstico temprano de cáncer de cuello uterino en la Clínica Maternidad Belén, Chiclayo.**

En esta investigación se desarrolló un sistema experto utilizando la metodología CommonKads con el fin de apoyar el proceso de diagnóstico de pacientes con cáncer de cuello uterino para lo cual diseñó una base de conocimiento, utilizó reglas de producción y razonamiento propuesto por el doctor experto del área. Los resultados obtenidos con el sistema experto tienen un grado de certeza de 97%.

## **2.2. Bases teóricas**

Es maravilloso poder crear un **sistema** informático que realice procesos de razonamiento similares a los de un ser humano y no cualquier ser humano sino un **experto**, es decir una persona que posee **conocimiento** adquirido a lo largo de muchos años de estudio y de ejercicio profesional, esto es posible gracias a una rama de la investigación científica denominada **Inteligencia Artificial**, la misma que mediante el uso de las tecnologías

actuales de programación nos permite desarrollar un sistema experto o sistema basado en el conocimiento :

*“Un sistema experto es un sistema de cómputo que emula la habilidad de tomar decisiones de un especialista humano”*  
(Giarratano, J. & Riley, G., 2014, p.2)

Dado que un sistema experto es un área de aplicación de la Inteligencia Artificial se debe definir previamente este concepto y sus alcances.

### **2.2.1. Inteligencia Artificial**

Con la aparición de la primera computadora, surge en el investigador una inquietud: conseguir que ésta máquina pueda **simular** razonamiento humano, de ahí el nombrar como **Inteligencia Artificial** a las diferentes metodologías que permitan simular por medio de una computadora el razonamiento inteligente característico del hombre.

Así podemos afirmar que la Inteligencia Artificial es un campo de investigación científica, cuyo objetivo es emular con el uso de sistemas informáticos ciertas funciones inteligentes del ser humano, se encuentra actualmente en su quinta generación que incluye la manipulación simbólica para emular el comportamiento inteligente, y el procesamiento en paralelo para conseguir resultados en tiempo real.

Para usar Inteligencia Artificial se requiere una comprensión básica de la forma en que se puede representar el conocimiento y de los métodos que pueden utilizar o manipular este conocimiento, cabe resaltar que desde la óptica de la ingeniería, el objetivo de la Inteligencia Artificial es el **desarrollo de sistemas informáticos** que simulen el razonamiento de un ser humano, en tanto que como ciencia la Inteligencia Artificial **investiga estos razonamientos** para tratar de reproducirlos lo más eficientemente posible en los sistemas informáticos mencionados. La IA (Inteligencia Artificial) tiene muchas áreas de aplicación en campos como la robótica, los sistemas expertos, la visión, la traducción del

lenguaje natural, los sistemas Artificiales neuronales, éstas áreas se utilizan en la industria, la medicina y la educación.

Así en la revista “Communications of the ACM”, encontramos, textualmente:

*“In the last few years, the repertory of Artificial intelligence techniques has evolved and expanded, and applications have been made in everyday commercial and industrial domains. Artificial intelligence applications today span the realm of manufacturing, management and medicine”*  
(Hayes-Roth & Waterman, 1984)

Que se traduce como:

*“En los últimos años, el repertorio de técnicas de Inteligencia Artificial ha evolucionado y se ha expandido, sus aplicaciones se han desarrollado para áreas comerciales e industriales. Las aplicaciones de Inteligencia Artificial se encuentran hoy en día en dominios tales como la manufactura, la administración y la Medicina”<sup>1</sup>*

Dentro del campo de la Inteligencia Artificial se encuentra la Ingeniería del conocimiento, rama dedicada al estudio de principios, métodos y herramientas aplicables a la utilización del conocimiento humano en materias concretas, con el objetivo de construir sistemas informáticos que reflejen conocimiento. Así los sistemas basados en conocimiento son programas capaces de representar conocimiento sobre un dominio específico, y tienen una arquitectura que permite la separación del conocimiento de los programas de control e inferencia necesarios para su manejo.

La Inteligencia Artificial se puede aplicar a casi cualquier área que utilice saber humano para resolver problemas específicos. Así por ejemplo, en la agricultura, para el control de plagas se utilizan los **métodos de control y búsqueda de soluciones** de la I.A. En las fábricas cuando se deben realizar montajes

---

<sup>1</sup> Traducido del original por la autora.

peligrosos se pueden utilizar **robots programados con técnicas de I.A.**, en el campo de la Medicina los **sistemas expertos**, pueden apoyar a los médicos en sus diagnósticos y en la supervisión de la condición de los pacientes, en las entidades educativas se pueden utilizar **sistemas expertos tutores** para apoyar a los alumnos en materias consideradas complejas, por lo expuesto se hace necesaria una clasificación de las principales áreas o campos de aplicación de la I.A; según la ACM (Association for Computing Machinery) los campos de aplicación de la Inteligencia Artificial son:

- Sistemas expertos.
- Programación automática: verificación y síntesis.
- Deducción y prueba de teoremas
- Representación del conocimiento.
- Metodología de la programación en IA.
- Aprendizaje.
- Procesamiento del lenguaje natural.
- Resolución de problemas, métodos de control y búsqueda.
- Robótica.
- Interpretación de imágenes y visión Artificial.
- Inteligencia Artificial distribuida.

Como se puede apreciar los sistemas expertos ocupan el primer lugar en ésta clasificación, por lo que pasamos a la definición pertinente.

### **2.2.2. Sistema experto**

Un sistema experto es un sistema informático que imita el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema, se centra en un dominio muy preciso, puede almacenar conocimientos de expertos para un campo determinado y solucionar un problema mediante deducción lógica de conclusiones, en palabras de (Hayes-Roth & Waterman, 1984):

Hayes-Roth & Waterman, 1984:

*“Un sistema experto es un programa de conocimiento intensivo que resuelve problemas que normalmente requieren de pericia humana”*

Asimismo (Hernández & Sierra, 1988) indican que :

*“Un sistema experto es un sistema informático que tiene por objeto el modelado del comportamiento de un experto humano, que cumple una tarea de resolución de problemas para los que no se dispone de ningún algoritmo, y que se centra en un dominio muy preciso”*

Para (Durkin, 1988) un Sistema Experto es:

*“Un programa de computadora diseñado para modelar la habilidad de resolver problemas de un humano experto”.*

Un sistema experto realiza lo que se ha denominado **separación del conocimiento**, del **proceso lógico** que se emplea para utilizar dicho conocimiento, este es un aporte metodológico fundamental por medio del cual toda la información proveniente del experto humano se almacena y organiza en una estructura llamada “Base de conocimientos” en tanto que los procedimientos lógicos conteniendo los algoritmos computacionales para obtener información de la base de conocimientos se implementan en lo que se ha denominado “Mecanismo de inferencia”.

### 2.2.2.1 Evolución de los sistemas expertos

El desarrollo de los sistemas expertos data de mediados de 1965, comprende una primera generación que se caracterizó por el uso de una arquitectura unitaria donde el conocimiento se representó en un único nivel de abstracción, pues se suponía que la utilización de un modelo único facilitaría y simplificaría el desarrollo del sistema; ya en la práctica, se ha observado que esto genera problemas tanto para la adquisición del conocimiento, como para el

mantenimiento y la reutilización (Mariño, 2014) asimismo se suponía que el uso de un modelo único de conocimiento sería un enfoque adecuado para conseguir la independencia entre el conocimiento y sus aplicaciones; no obstante se ha comprobado que este enfoque provoca a menudo interacciones no deseadas. Así surge la segunda generación de sistemas expertos con dos objetivos principales: que el sistema sea de fácil comprensión por el usuario y que facilite su mantenimiento, se hace énfasis en que diferentes problemas requieren distintos modelos de representación, así como distintos métodos de solución de problemas, así la segunda generación utiliza una combinación de múltiples modelos y técnicas de razonamiento y un diseño de sistemas al nivel del conocimiento. Un resumen de la evolución en el tiempo que han experimentado los sistemas expertos se muestra en la tabla “Evolución de los sistemas expertos”.

**Tabla 1: Evolución de los sistemas expertos**

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sistemas expertos</b>
<b>Inicio</b> (1965-1970)	Primeros desarrollos de sistemas expertos.	DENDRAL MACSIMA
<b>Prototipos</b> (1971-1977)	Aplicación del concepto de sistemas expertos a distintas áreas. Se consolida el término “Sistema experto”	MYCIN, INTERNIST, CASNET, HEARSAY, PROSPECTOR
<b>Experimentación</b> (1978-1981)	Formalización de construcción de sistemas expertos con herramientas específicas para el desarrollo.	PUFF, GUIDON, XCON, HYDRO.
<b>Industrialización</b> (1982 a 2013)	Las empresas utilizan sistemas expertos de acuerdo a sus necesidades.	SEGE, GIDEON DELTA, CATS EOLO CN-235, CITEX

Fuente: elaboración propia

### **2.2.2.2. Características de un sistema experto**

Las principales características de un sistema experto son:

- Es un sistema que utiliza conocimiento en vez de datos para la resolución de un problema.
- Realiza separación del conocimiento (reglas hechos) de los componentes de inferencia (lógica del problema a solucionar).
- Utiliza representación simbólica del conocimiento.
- Un sistema experto es capaz de explicar el proceso de razonamiento seguido y justificar sus conclusiones.
- Debe ser capaz de operar con pocas reglas o con información incompleta, para lo cual se debe especificar la metodología utilizada para la evaluación del conocimiento incompleto o incierto.

### **2.2.2.3. Sistemas expertos y su contexto**

Para saber cuándo se debe desarrollar un sistema experto, se hace necesario analizar el contexto o entorno en que este tipo de sistema presenta ventajas frente a las aplicaciones computacionales tradicionales, así tenemos:

- a) Presencia de fenómenos de explosión combinatoria  
Este contexto se da cuando el número posible de estados de un sistema presenta un crecimiento desmesurado.
- b) Presencia de un problema con dominio no estructurado  
Este caso sucede cuando en el actual contexto científico y tecnológico no se dispone de teorías, modelos matemáticos o modelos de hipótesis

detallados que sustenten algoritmos que solucionen de manera eficiente el problema.

c) **Requerimiento de conocimiento experto**

Este contexto sucede cuando surge la necesidad de utilizar conocimientos adquiridos mediante la experiencia, se habla del “conocimiento del experto” adquirido a lo largo del ejercicio de su carrera profesional. Se puede observar que este tipo de conocimiento no se encuentra bien definido ni formulado científicamente. (Giarratano, 2001).

#### **2.2.2.4. Arquitectura de un sistema experto**

La arquitectura de un sistema experto está basada en la separación del **conocimiento** (reglas, hechos) de su **procesamiento**, a ello se añade una interfaz de usuario y un componente explicativo, así un sistema experto está conformado por la base de conocimiento, el motor de inferencia, la base de hechos y la interfaz de usuario.

##### **a) Base de conocimiento**

Contiene el conocimiento del dominio convenientemente formalizado y estructurado, la representación del conocimiento por lo general es sencilla y mediante reglas, éste componente contiene el conocimiento del experto, el mismo que se ha representado, codificado, usando diferentes técnicas de representación del conocimiento. (Prado, 2013).

##### **b) Motor de inferencia**

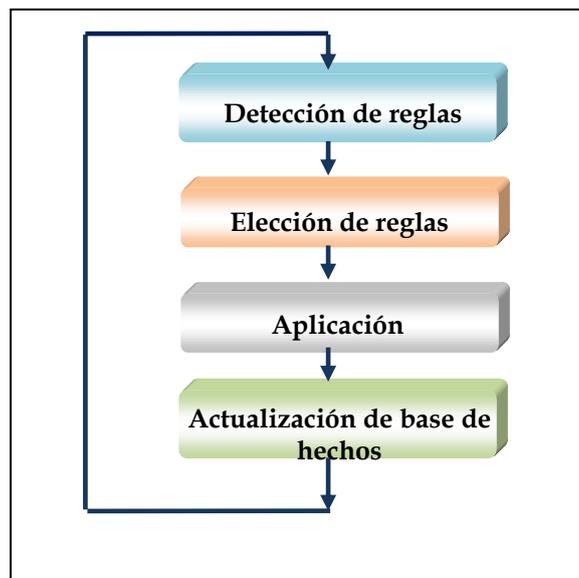
Este es el corazón del sistema experto, el cual mediante procedimientos de ordenamiento y funciones de búsqueda realiza la actualización de la base de hechos después de seleccionar las reglas y aplicar las reglas de encadenamiento.

Las funciones del mecanismo de inferencia son:

- Determinación de las acciones que tendrán lugar entre las diferentes partes del sistema experto así como el orden en que lo harán y cómo lo harán.
- Determinar cómo y cuándo se procesarán las reglas, y dado el caso también la elección de qué reglas deberán procesarse.

Cabe mencionar que el motor de inferencia también es llamado “estructura de control” o “interpretador de reglas” (Bello, 2015).

**Figura 3: Ciclo base del motor de inferencias**



Fuente: elaboración propia

### c) Base de hechos

También conocida como memoria de trabajo o **workspace**, contiene la información llamada hechos, los datos de entrada y las conclusiones intermedias que se generan en el proceso de razonamiento.

Explica al usuario la estrategia de solución encontrada y el porqué de las decisiones tomadas (Hernández,J. & Sierra,J., 1988). Es la información que el

sistema experto recibe del usuario en forma de hechos o hipótesis, cabe mencionar que dependiendo de las interfaces que contenga el sistema experto, los hechos pueden obtenerse de medios externos como una base de datos o una hoja de cálculo, los que se pueden cargar al inicio de la sesión de trabajo con el sistema experto.

#### **d) Interfaz de usuario**

Es el mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema experto, debe presentar las siguientes características:

- Ser “amigable”, es decir que las interfaces de comunicación con el usuario faciliten el aprendizaje de su manejo.
- Debe realizar validación de los datos de entrada.
- Los resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario. Las preguntas y explicaciones deben ser comprensibles para el usuario. (Durkin, J. & Durkin, J. ,1998)

#### **e) Sub-sistema de adquisición de conocimiento**

Medio que facilita la estructuración, inclusión y actualización del conocimiento en la base de conocimientos. (Giarratano, 2011).

#### **2.2.2.5. Ingeniería del conocimiento**

Dado que un sistema experto es el resultado de utilizar las metodologías y técnicas que ésta rama de la ciencia nos ofrece, aquí surge la Ingeniería del conocimiento como “... *el arte de diseñar y construir un sistema experto*” (Hernández, J. & Sierra, J., 1988), por lo cual un ingeniero del conocimiento tiene las siguientes funciones:

- Entrevistar al experto o un grupo de expertos con el fin de obtener los conocimientos que se incorporarán a la base de conocimientos.
- Seleccionar e implementar la forma de representación del conocimiento.
- Diseñar y desarrollar el motor de inferencia.

- Seleccionar la metodología a utilizar para el tratamiento del conocimiento incierto.
- Puesta en marcha del sistema experto y refinamiento del mismo mediante sucesivas pruebas.
- Seleccionar la metodología que se utilizará para la construcción del sistema experto.

### **2.2.3 Metodologías de construcción**

Para la construcción de un sistema experto se pueden utilizar las diferentes metodologías existentes para el desarrollo de software, sin embargo existen metodologías definidas y propuestas específicamente para el desarrollo de un sistema experto, tales como:

- Metodología de Brulé.
- Metodología Common Kads.
- Metodología de Buchanan.
- Metodología de Gróver.

#### **2.2.3.1 Metodología de Brulé**

La característica más importante de ésta metodología es el desarrollo de un sistema experto temprano, que incrementalmente converge al sistema experto final, pues ésta metodología sostiene que muchos de los trabajos en sistemas expertos no son dirigidos correctamente y en la mayoría de los casos el problema se encuentra en la construcción del software y no en la adquisición del conocimiento (Cegarra, J., & Ortigoza, J. ,2009). Comprende seis etapas que se describen a continuación:

##### **Etapas 1: Pre-planeamiento**

Como una primera etapa de recolección de información, se debe enunciar formalmente el problema que se pretende solucionar con el sistema experto, realizar el análisis de factibilidad, realizar el presupuesto y establecer un estimado de la probabilidad de éxito del desarrollo del sistema experto.

## **Etapa 2: Diseño y especificación**

En ésta etapa se debe asignar los cargos a las personas que desarrollarán el sistema experto, las cuales tendrán como objetivo crear un prototipo que cumpla las especificaciones del sistema experto.

## **Etapa 3: Desarrollo temprano**

El equipo realiza su primer esfuerzo de desarrollo, al final de ésta etapa se deberá tener un diseño relativamente estable, también se realiza la selección de software para el desarrollo del sistema experto, involucra los siguientes desarrollos:

Desarrollo de prototipo.

Desarrollo de la interface.

Desarrollo del producto.

## **Etapa 4: Implementación**

En base al diseño obtenido en la etapa anterior, comienza la implementación, es un proceso interactivo, comprende la construcción e implementación del sistema experto, así como la adquisición, análisis e interpretación del conocimiento.

## **Etapa 5: Evaluación**

Se verifica y valida el sistema experto, asimismo se establecen los parámetros de desempeño del sistema.

## **Etapa 6: Supervisión**

Consiste en la realización de pruebas en línea, en un ambiente limitado y controlado.

Finalmente se realiza la documentación del sistema experto.

### **2.2.3.2 Metodología Common kads**

Esta metodología ha sido diseñada especialmente para el desarrollo de sistemas expertos. Utiliza plantillas para generar el modelo del sistema experto, asimismo utiliza el concepto de “estados” del modelo que vendrían a ser unos indicadores del avance del desarrollo del sistema experto (Breuker & Van de Velde,1994).

#### **a) Características de la metodología Common Kads**

- Permite analizar el conocimiento de documentos de texto.
- Estructura el conocimiento usando varios modelos de conocimiento.
- Sirve para adquirir y validar el conocimiento de los expertos.
- Implementa el conocimiento capturado.
- Reutiliza el conocimiento a través de diferentes áreas y dominios.
- Soporta el desarrollo de ontologías flexibles.
- Permite definir formas y tablas de entradas de datos.
- Captura de las mejores prácticas.
- Obtiene conocimiento estructurado de las sesiones de tormenta de ideas.
- Obtiene un panorama general de los datos del proyecto.
- Permite detectar vacíos de conocimiento.

#### **Modelos de Common KADS**

Hay seis modelos definidos en Common KADS:

##### **1) Modelo de la Organización (OM)**

Este modelo sirve para analizar la organización en que el sistema experto va a ser introducido.

##### **2) Modelo de Tarea (TM)**

En este modelo se organizan las actividades que se realizarán para el desarrollo del sistema experto y se asigna a los responsables de su cumplimiento.

### **3) Modelo de Agente (AM)**

En este modelo se definen los agentes que se utilizarán en el desarrollo del sistema experto.

### **4) Modelo de Comunicaciones (CM)**

Detalla el intercambio de información entre los diferentes agentes involucrados en la ejecución de las tareas descritas en el modelo de tarea.

### **5) Modelo de la Experiencia (EM)**

Modela el algoritmo que utilizará un agente para realizar una tarea.

Se divide en tres subniveles: del dominio, de inferencia y de tarea.

### **6) Modelo de Diseño (DM)**

Modela la arquitectura y el diseño técnico del sistema experto.

#### **2.2.3.3. Metodología de Buchanan**

La característica más importante de ésta metodología radica en que propone que exista una constante interacción de información entre el Ingeniero de conocimiento y el experto de campo. Propone 6 etapas fundamentales para el desarrollo de un sistema experto.

##### **Etapa 1: Identificación**

Se identifican los participantes y roles, los recursos y las fuentes de conocimiento, se establecen las facilidades computacionales, se establece el presupuesto y se identifican los objetivos o metas.

##### **Etapa 2: Conceptualización**

Se analizan los conceptos vertidos por el experto de campo, los mismos que serán tomados en cuenta con sumo interés, pues conoce en detalle los fundamentos particulares del tema a investigar.

### **Etapa 3: Formalización**

Se identifican los conceptos relevantes e importantes.

Con el diagrama de información conceptual y los elementos del problema se realiza una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento.

### **Etapa 4: Implementación**

Se formaliza el conocimiento obtenido del experto y se elige la organización, el lenguaje y el ambiente de programación.

### **Etapa 5: Etapa de pruebas**

Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose el funcionamiento del sistema.

### **Etapa 6: Optimización del Prototipo**

En esta etapa se realiza una retroalimentación con los resultados obtenidos en la etapa de pruebas y si es necesario se vuelven a formular los conceptos y se realiza un nuevo diseño del prototipo y Se rediseña y refina el prototipo.

#### **2.2.3.4. Metodología de Gróver**

Esta metodología propone una serie de etapas en el desarrollo del proceso de adquisición del conocimiento, cada una de las cuales va acompañada de una documentación detallada. La característica más importante es la obtención de documentación que puede reemplazar parcialmente al experto, y servir a los diseñadores y usuarios como medio de documentación y referencia.

Se distinguen tres etapas:

### **Etapa 1: Definición del dominio**

Esta etapa comprende:

- Descripción del problema.
- Referencias bibliográficas.
- Glosario.
- Criterios de funcionamiento.
- Escenarios de ejemplos.
- Identificación de expertos.

### **Etapa 2: Formulación del conocimiento fundamental**

Se realiza mediante el análisis del escenario inicial y del escenario de revisión del experto, ésta es una etapa de retroalimentación del sistema, permite la revisión de la sintaxis y del comportamiento.

### **Etapa 3: Consolidación del conocimiento basal**

Mediante el análisis de nuevos escenarios sobre los cuales se realizan las pruebas de software.

Una vez definida la metodología a seguir para el desarrollo del sistema experto, se debe seleccionar la herramienta de desarrollo, tema del acápite siguiente.

#### **2.2.4. Herramientas de desarrollo**

Actualmente, para el desarrollo de un sistema experto existen tres categorías definidas de herramientas de desarrollo:

- Lenguajes de programación.
- Sistemas especialmente diseñados para desarrollar sistemas expertos.
- Utilización de Shells.

### 2.2.5 Lenguajes de programación para desarrollo de sistemas expertos

Se debe considerar como factor importante de decisión, la extensión en la cual el lenguaje cubre o se adecua a los requerimientos de diseño. Atendiendo a la forma de estructurar sus instrucciones, se los puede dividir en:

- Orientados a objetos: Visual C#, Java, SmallTalk, Hypercard.
- Funcionales: LISP.
- Declarativos: PROLOG, CLIP, OPS5.

Cabe mencionar que también existen los denominados lenguajes imperativos como C, y Pascal, que ya han sido superados por sus respectivas versiones orientadas a objetos, así en el caso de C, actualmente se utiliza C++ y C#; en el caso de Pascal tenemos a Delphi. Las principales características de los lenguajes mencionados se describen a continuación.

#### a) Visual C#

C# es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft y estandarizado, como parte de su plataforma .NET.

Su sintaxis básica deriva de C y C++, utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET el cual es similar al de Java aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes. Fue diseñado para combinar el control a bajo nivel de lenguajes como C y la velocidad de programación de lenguajes como Visual Basic.

C#, como parte de la plataforma .NET, está normalizado por ECMA desde diciembre de 2001 (ECMA-334 "Especificación del Lenguaje C#").

Incluye tipos genéricos, métodos anónimos, iteradores, tipos parciales y tipos anulables. Cabe mencionar que aunque C# forma parte de la plataforma .NET, ésta es una interfaz de programación de aplicaciones; mientras que C# es un lenguaje de programación independiente diseñado para generar programas sobre dicha plataforma.

### **b) Java NetBeans**

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por James Gosling y sus compañeros de Sun Microsystems al inicio de la década de 1990. A diferencia de los lenguajes de programación convencionales, que generalmente están diseñados para ser compilados a código nativo, Java es compilado en un bytecode que es ejecutado (usando normalmente un compilador JIT), por una máquina virtual Java con el fin de resolver simultáneamente todos los problemas que se le plantean a los desarrolladores de software por la proliferación de arquitecturas incompatibles, tanto entre las diferentes máquinas como entre los diversos sistemas operativos y sistemas de ventanas que funcionaban sobre una misma máquina, añadiendo la dificultad de crear aplicaciones distribuidas en una red como Internet.

El lenguaje en sí mismo toma mucha de su sintaxis de C y C++, pero tiene un modelo de objetos mucho más simple y elimina herramientas de bajo nivel como punteros.

### **c) LISP**

Abreviación de "LISt Processor", es un lenguaje para procesamiento simbólico, desarrollado en el MIT por John McCarthy para escribir los programas con mecanismos de Inteligencia Artificial (McCarthy, J. 1965).

### **d) PROLOG**

Acrónimo de PROgramming in Logic, es un lenguaje de programación con el que se desarrollaron muchas de las aplicaciones de Inteligencia Artificial de quinta generación.

### **2.2.6 Shell**

Cómo ya se ha explicado un sistema experto presenta la característica de separar el conocimiento de la lógica, entonces al considerar al motor de inferencia aisladamente se tiene como resultado un sistema vacío denominado shell (carcasa o caparazón) al cual el Ingeniero de conocimiento cargará con la base de conocimientos a implementar.

Existen muchos shell disponibles, de tamaño variable, desde aquellos para una sola computadora hasta shell para grandes ordenadores centrales, el precio varía desde centenares a millares de dólares, el rango de complejidad de aprendizaje del manejo del mismo también es variable desde shells que requieren dos días de entrenamiento a algunos tan complejos que solamente los Ingenieros de conocimiento altamente entrenados pueden utilizarlos. Asimismo se extienden desde shell de uso general a los shell para fines específicos tales como hojas de operación financiera o control de proceso en tiempo real (Giarratano, J., Riley, G., 2001).

### **2.2.7 Sistemas de desarrollo**

Posteriormente ingresaron al mercado otras herramientas que incorporaron, además de opciones de representación del conocimiento, esquemas de inferencia y control. Estas herramientas tomaron el nombre de Entornos de desarrollo de sistemas Expertos. Algunos ejemplos de sistemas comerciales son: CLIPS, KEE, ART, EGERIA, Kappa, Nexpert Object, Goldworks, LOOPS, Flavors.

### **2.2.8. Impacto de un sistema experto**

En la sociedad se produce un impacto económico y social, si se tiene en cuenta que un especialista tiene honorarios considerablemente más altos que un profesional de la misma rama pero que no es experto, al utilizar un sistema experto se beneficia al usuario ya que éste no deberá pagar honorarios de un experto para la resolución de su problema, asimismo la visibilidad del razonamiento de un sistema experto nos permite utilizarlo para el entrenamiento de nuevo personal.

Impacto para el experto, un sistema experto le permite al experto ahorrar tiempo e invertirlo en la resolución de los casos difíciles que exceden la capacidad del sistema. El contribuir al desarrollo de un sistema experto es una oportunidad para que éste pueda recuperar, depurar, formalizar y conservar sus conocimientos y experiencia.

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Arquitectura abierta:** es un tipo de arquitectura de software con especificaciones que se han hecho públicas, por lo que se puede añadir o modificar sus componentes.
- **Base de conocimiento:** es un tipo de base de datos que se utiliza en un sistema experto, contiene el conocimiento del dominio convenientemente formalizado y estructurado.
- **Inteligencia Artificial:** una rama de las ciencias de la computación, que incluye las técnicas que hacen posible que un programa computacional tenga raciocinio, pueda tomar decisiones y sea capaz de aprender, características todas propias de la inteligencia humana.
- **Base de hechos:** es una memoria temporal de un sistema experto, también conocida como memoria de trabajo o *workspace*, contiene la información llamada hechos, los datos de entrada y las conclusiones intermedias que se generan en el proceso de razonamiento.
- **Ingeniería del conocimiento:** es la ingeniería que se ocupa de la representación formal del conocimiento que se requiere para el desarrollo de un sistema experto.
- **Interfaz de usuario:** es el mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema experto.
- **Motor de inferencia:** en un sistema experto es el módulo que se encarga de las operaciones de búsqueda y selección de las reglas a utilizar en el proceso de razonamiento, su objetivo es simular la estrategia de solución de un experto.
- **Programación orientada a objetos:** paradigma de programación que usa clases y objetos para representar la información para desarrollar programas informáticos.

- **Programa computacional:** es un conjunto de instrucciones escritas en un lenguaje de programación para que la computadora realice un procedimiento específico.
- **Shell:** es un software que tiene un sistema vacío en el cual se carga la base de conocimientos a implementar, existen muchos shell disponibles, de tamaño variable, desde aquellos para una sola computadora hasta shell para grandes ordenadores centrales.
- **Sub-sistema de adquisición de conocimiento:** en un sistema experto es el medio que facilita la estructuración, inclusión y actualización del conocimiento en la base de conocimientos.
- **Sistema experto:** sistema informático que imita el comportamiento de un experto humano para solucionar un problema.
- **Sistemas basados en reglas:** sistemas expertos que ofrecen la habilidad de analizar el conocimiento usando reglas de la forma IF-THEN.

## **CAPÍTULO III**

### **PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

A continuación se muestra la contrastación de hipótesis, el análisis respectivo y la interpretación para cada pregunta, en el cuestionario en línea la sección 1, corresponde a la información del encuestado por lo que la información del cuestionario se encuentra en las secciones II, III y IV.

#### **3.1 Contrastación de Hipótesis**

Conceptualmente, una hipótesis en el contexto de la estadística inferencial es una proposición respecto a uno o varios parámetros, a través de la contrastación o prueba de hipótesis se determina si esta es consistente con los datos obtenidos en la muestra.

A continuación se formula la Hipótesis de investigación y la Hipótesis nula.

### 3.1.1 Hipótesis de Investigación

$H_i$ =La arquitectura abierta de un sistema experto influiría adecuadamente en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma.

### 3.1.2 Hipótesis nula

$H_0$ =La arquitectura abierta de un sistema experto **NO** influiría en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma.

### 3.1.3 Hipótesis Estadística

$$H_i = r_{XY} \neq 0$$

Existe correlación ( $r$ ) entre la variable independiente ( $X$ ) (Sistema experto) y la variable dependiente ( $Y$ ) (Nivel de conocimiento de un sistema experto).

$$H_0 = r_{XY} = 0$$

No existe correlación ( $r$ ) entre la variable independiente ( $X$ ) (Sistema experto) y la variable dependiente ( $Y$ ) (Nivel de conocimiento de un sistema experto).

A continuación se muestra la Tabla 2: "Frecuencias observadas de las variables de investigación  $X$  e  $Y$ ", donde:

- **Variable independiente**

$X$ : Sistema experto

- **Variable dependiente**

$Y$ : Nivel de conocimiento de un sistema experto.

Tabla 2: “Frecuencias observadas de las variables de Investigación X e Y”

		Y: Nivel en que el Sistema Experto de arquitectura abierta incrementó comprensión de la Programación orientada a objetos				
		Frecuencia Observada				
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Total
X : Sistema Experto	No sé lo que es un Sistema Experto, ni en qué se utiliza.	3	4	0	0	7
	Aunque tengo idea no me importa el tema.	1	2	0	1	4
	Tengo idea y me interesa mucho.	0	15	11	10	36
	<b>Total</b>	4	21	11	11	47

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 3.1.4 Aplicación de la prueba de chi-cuadrado

Una prueba de chi-cuadrado es una prueba de hipótesis que compara la distribución observada de los datos con una distribución esperada de los datos.

Cálculo de las Frecuencias esperadas.

La Tabla de frecuencias esperadas se calcula con la fórmula siguiente:

$$fe_{ij} = (\text{Total fila } i\text{-ésima}) (\text{Total columna } j\text{-ésima}) / \text{Total global}$$

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3: “Frecuencias esperadas de las variables de investigación X e Y”.

		Y: Nivel en que el Sistema Experto de arquitectura abierta incrementó comprensión de la Programación orientada a objetos			
		Frecuencia Esperada			
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
X : Sistema Experto	No sé lo que es un Sistema Experto, ni en qué se utiliza.	0.5957	3.1277	1.6383	1.6383
	Aunque tengo idea no me importa el tema.	0.3404	1.7872	0.9362	0.9362
	Tengo idea y me interesa mucho.	3.0638	16.0851	8.4255	8.4255

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## Estadígrafo de contraste

- El estadígrafo de contraste  $\chi^2$  experimental, se calcula con la fórmula siguiente:

$$\chi^2 = \sum_{ij} \frac{(f_{o_{ij}} - f_{e_{ij}})^2}{f_{e_{ij}}}$$

$f_{o_{ij}}$  = frecuencia observada para la ij-ésima casilla.  
 $f_{e_{ij}}$  = frecuencia esperada para la ij-ésima casilla.

Aplicando la fórmula, se obtienen los resultados siguientes:

$$\chi^2 \text{ experimental} = 16.6844$$

- Los grados de libertad son  $(\text{filas} - 1) \times (\text{columnas} - 1) = (3-1) \times (4-3) = 6$ .
- El  $\chi^2$  crítico se obtiene de la Tabla chi-cuadrado con un 5% de riesgo y 6 grados de libertad.

De acuerdo la Tabla que se muestra en el Anexo 5, el resultado es

$$\chi^2 \text{ crítico} = 12.592$$

Se rechazará la  $H_0$  cuando  $\chi^2 \text{ experimental} > \chi^2 \text{ crítico}$

Como  $\chi^2 \text{ experimental} (16.6844) > \chi^2 \text{ crítico} (12.592)$

**Entonces se rechaza la  $H_0$ , por consiguiente es válida la  $H_1$ :**

La arquitectura abierta de un sistema experto influiría adecuadamente en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma.

### 3.2 Contrastación de Hipótesis secundarias

A continuación se muestran las hipótesis secundarias.

**H1:** Un sistema experto de arquitectura abierta si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.

**H2:** Un sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio.

#### 3.2.1 Hipótesis nula de hipótesis secundarias

Se muestra la Hipótesis nula correspondiente a cada una de las hipótesis secundarias.

**H1<sub>0</sub>**= Un sistema experto de arquitectura abierta NO permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.

**H2<sub>0</sub>**= Un sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud NO permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio.

#### Contrastación de Hipótesis 1

A continuación se muestra la Tabla 4: “Frecuencias observadas de las variables de investigación X e Y1”, donde:

- **Variable independiente**

X: Sistema experto

▪ **Variable dependiente**

Y1: La información de ayuda del Sistema Experto resulta útil para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.

**Tabla 4: “Frecuencias observadas de las variables de investigación X e Y1”.**

		Y1: La información de ayuda del Sistema Experto resulta útil para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.				
		Frecuencia Observada				
		Completamente en desacuerdo 1	Algo de acuerdo 2	De acuerdo 3	Completamente de acuerdo 4	Total
X : Sistema Experto	Nunca he visto ni en demos un Sistema experto.	5	5	1	1	12
	Solo he visto demos aunque me importa el tema.	6	16	4	1	27
	Tengo interés, visto demos y he utilizado más de una vez un sistema experto.	4	3	0	1	8
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>47</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**3.2.2 Aplicación de la prueba de chi-cuadrado a H1**

Para la aplicación de la prueba de chi-cuadrado se realiza el cálculo de la Tabla de frecuencias esperadas con la fórmula siguiente:

$$fe_{ij} = (\text{Total fila } i\text{-ésima}) (\text{Total columna } j\text{-ésima}) / \text{Total global}$$

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 5: “Frecuencias esperadas de las variables de investigación X e Y1”.**

		Y1: La información de ayuda del Sistema Experto resulta útil para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.			
		Frecuencia Esperada			
		Completamente en desacuerdo 1	Algo de acuerdo 2	De acuerdo 3	Completamente de acuerdo 4
X : Sistema Experto	Nunca he visto ni en demos un Sistema experto.	0.77	1.28	6.13	3.83
	Solo he visto demos aunque me importa el tema.	1.72	2.87	13.79	8.62
	Tengo interés, visto demos y he utilizado más de una vez un sistema experto.	0.51	0.85	4.09	2.55

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## Estadígrafo de contraste para H1

- El estadígrafo de contraste  $\chi^2$  experimental, se calcula con la fórmula siguiente:

$$\chi^2 = \sum_{ij} \frac{(f_{o_{ij}} - f_{e_{ij}})^2}{f_{e_{ij}}}$$

$f_{o_{ij}}$  = frecuencia observada para la ij-ésima casilla.  
 $f_{e_{ij}}$  = frecuencia esperada para la ij-ésima casilla.

Aplicando la fórmula, se obtienen los resultados siguientes:

$$\chi^2 \text{ experimental} = 159.23$$

- Los grados de libertad son (filas -1) x (columnas -1) = (3-1)x(4-3) = 6.
- El  $\chi^2$  crítico se obtiene de la Tabla chi-cuadrado con un 5% de riesgo y 6 grados de libertad.

De acuerdo a la Tabla que se muestra en el Anexo 5, el resultado es

$$\chi^2 \text{ crítico} = 12.592$$

Se rechazará la  $H_0$  cuando  $\chi^2 \text{ experimental} > \chi^2 \text{ crítico}$

Como  $\chi^2 \text{ experimental} (159.23) > \chi^2 \text{ crítico} (12.592)$

**Entonces se rechaza la  $H_0$ , por consiguiente es válida la  $H_1$ :**

“Un sistema experto de arquitectura abierta si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios”.

## Contrastación de Hipótesis 2

A continuación se muestra la Tabla 6: “Frecuencias observadas de las variables de investigación X e Y2”, donde:

- **Variable independiente**

X: Sistema experto

- **Variable dependiente**

Y2: ¿En qué nivel el Sistema Experto de arquitectura abierta incrementó su comprensión de la Programación orientada a objetos?

Tabla 6: “Frecuencias observadas de las variables de investigación X e Y2”.

		Frecuencia Observada				
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Total
X : Sistema Experto	No sé lo que es cloud , ni en qué se utiliza.	2	2	0	1	5
	Aunque tengo idea no me importa el tema.	1	5	0	2	8
	Tengo idea y me interesa mucho.	1	14	11	8	34
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>47</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 3.2.3 Aplicación de la prueba de chi-cuadrado a H2

La aplicación de la prueba de chi-cuadrado se realiza, de acuerdo a la f el cálculo de la Tabla de frecuencias esperadas con la fórmula siguiente:

$$fe_{ij} = (\text{Total fila } i\text{-ésima}) (\text{Total columna } j\text{-ésima}) / \text{Total global}$$

Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 7: “Frecuencias esperadas de las variables de investigación X e Y2”.

		Frecuencia Esperada			
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
X : Sistema Experto	No sé lo que es cloud , ni en qué se utiliza.	0,43	2,23	1,17	1,17
	Aunque tengo idea no me importa el tema.	3,57	1,87	1,87	7,96
	Tengo idea y me interesa mucho.	2,89	15,19	7,96	7,96

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### Estadígrafo de contraste para H2

El estadígrafo de contraste  $\chi^2$  experimental , se calcula Aplicando la fórmula del acápite 3.2.1 y se obtuvo:

$$\chi^2 \text{ experimental} = 22.95$$

- Los grados de libertad son  $(\text{filas} - 1) \times (\text{columnas} - 1) = (3-1) \times (4-3) = 6$ .
- El  $\chi^2$  crítico se obtiene de la Tabla chi-cuadrado con un 5% de riesgo y 6 grados de libertad. De acuerdo a la Tabla que se muestra en el Anexo 5, el resultado es

$$\chi^2 \text{ crítico} = 12.592$$

Se rechazará la  $H_0$  cuando  $\chi^2 \text{ experimental} > \chi^2 \text{ crítico}$

Como  $\chi^2 \text{ experimental} (22.95) > \chi^2 \text{ crítico} (12.592)$

**Entonces se rechaza la  $H_0$ , por consiguiente es válida la  $H_2$ :**

“Un sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio.”

### 3.2 Conocimiento y opinión sobre Sistemas expertos e Inteligencia Artificial.

A continuación se muestra una vista de la Sección 2 del Cuestionario on line.

**Figura 4**  
**Sección II del Cuestionario: Conocimiento y opinión sobre sistemas expertos e Inteligencia Artificial**



 **UAP**  
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

 **SYSGOOP**



**Cuestionario on line sobre utilización de Sistema Experto de Arquitectura abierta**

**II. Conocimiento y opinión sobre Sistemas expertos e Inteligencia Artificial.**

**1. ¿Sabe usted lo que es la Inteligencia Artificial**

- No sé lo que es la Inteligencia Artificial, no tengo idea.
- Aunque tengo idea no me importa el tema.
- Tengo idea y me interesa mucho.

Los datos sobre conocimiento y opinión sobre Sistemas expertos e Inteligencia Artificial, se recolectaron de la sección II y comprenden las preguntas 1 y 2.

**Cuadro N°1**  
**Resultados de la encuesta, conocimiento de la Inteligencia Artificial (en %)**  
**Fuente: Elaboración propia**

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>	<b>%</b>
¿Sabe usted lo que es la Inteligencia Artificial?	No sé lo que es la Inteligencia Artificial, no tengo idea.	13%
	Aunque tengo idea no me importa el tema.	21%
	Tengo idea y me interesa mucho.	66%

Lo resaltante es que el 66% de encuestados afirma que tiene idea y le interesa mucho la Inteligencia Artificial. Por el contrario, un 21% de encuestados no le importa el tema aunque tiene idea del mismo.

A partir de las bases teóricas, se aprecia que se ha nombrado como Inteligencia Artificial a las diferentes metodologías que permitan simular por medio de una computadora el razonamiento inteligente característico del hombre, por lo que este concepto ya se ha universalizado, lo que se comprueba con los resultados obtenidos en la encuesta, en que un total de 87% tienen conocimiento del concepto (66%: Tengo idea y me interesa mucho + 21%: Aunque tengo idea no me importa el tema) y es que con la aparición de la primera computadora, surge en el investigador una inquietud: conseguir que ésta máquina pueda simular razonamiento humano, lo cual hace que este sea uno de los más grandes campos de investigación científica.

**Cuadro N°2**  
**Resultados de la encuesta, conocimiento de**  
**Sistemas Expertos y su utilización. (en %)**  
 Fuente: Elaboración propia

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>	<b>%</b>
¿Sabe usted lo que es un Sistema Experto y cómo se utiliza para resolver un problema?	No sé lo que es un Sistema Experto, ni en qué se utiliza.	15%
	Aunque tengo idea no me importa el tema.	9%
	Tengo idea y me interesa mucho.	77%

Es relevante que el 77% de encuestados tiene idea y le interesa mucho un Sistema experto y solamente 9% de encuestados no le importa el tema aunque tiene idea del mismo.

Y es que dado que un sistema experto es en realidad un sistema informático que emula el comportamiento de un experto humano para solucionar un problema, centrándose en un dominio muy preciso, almacenando conocimientos de expertos para un campo determinado para solucionar un

problema mediante deducción lógica de conclusiones, ya es un concepto que está al alcance de todos los estudiantes de la carrera de Ingeniería informática, quienes disponen de una variedad de recursos tales como los servicios de la nube, el aula virtual, recursos bibliográficos, etc, accesibles tanto desde las computadoras de la URP así como desde sus propios dispositivos móviles (iPhone, tablets, smartphones, etc.) a través de wifi o desde los laboratorios de informática.

Por lo que es lógico que una amplia mayoría de la población seleccionada, representada con un total de 86% sepa lo que es un sistema experto (77%: Tengo idea y me interesa mucho + 9% :Aunque tengo idea no me importa el tema)

### 3.3 Opinión sobre importancia que un Sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud tiene en la Programación orientada a objetos.

Los datos provienen de la sección III y comprenden las preguntas 3, 4, 5 y 6.

**Cuadro N°3**  
**Resultados de la encuesta, incremento de comprensión de la Programación orientada a objetos mediante el Sistema experto (en %)**  
 Fuente: Elaboración propia

Pregunta	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	NS/NO
¿En qué nivel el Sistema Experto de arquitectura abierta incrementó su comprensión de la Programación orientada a objetos?	-	9%	45%	23%	23%	-

Observando los resultados obtenidos se aprecia que un 68% (45% medio y 23% alto) manifiestan que el sistema experto de arquitectura abierta incrementó en un nivel medio y alto su comprensión de la programación orientada a objetos.

Este resultado reviste importancia ya que actualmente el paradigma de programación orientada a objetos es el utilizado en el entorno de programación moderno, pues permite el uso de módulos y objetos que permiten programar el estado actual de un proceso en un sistema informático en tiempo de ejecución, asimismo permite la reducción de complejidad en los algoritmos a utilizar, la reusabilidad de lógica y el modelado del estado del negocio durante la ejecución de procesos transaccionales (On Line Transaction Processing u OLTP) y con los resultados obtenidos se puede afirmar que el Sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud incrementa el nivel de comprensión de los alumnos de Ingeniería Informática sobre el paradigma de Programación orientada a objetos.

**Cuadro N°4**  
**Resultados de la encuesta, conocimiento del**  
**Proceso de distribución libre en cloud (en %)**  
 Fuente: Elaboración propia

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>	<b>%</b>
¿Sabe usted lo que es la distribución libre en cloud?	No sé lo que es cloud , ni en qué se utiliza.	11%
	Aunque tengo idea no me importa el tema.	17%
	Tengo idea y me interesa mucho.	72%

Lo resaltante es que el 72% de encuestados afirma que tiene idea y le interesa mucho la distribución libre en cloud. Por el contrario, un 17% de encuestados no le importa el tema aunque tiene idea del mismo.

Es un resultado que tiene relevancia ya que muestra como los estudiantes de Ingeniería Informática tienen conocimiento de lo relativo a la computación en la nube que se ha denominado “cloud” la cual permite distribuir software libre de código abierto. Así se puede apreciar que un total de 89% (72%:Tengo idea y me interesa mucho + 17% : Aunque tengo idea no me importa el tema) entienden el concepto que involucra el servicio de almacenamiento y entrega

de archivos de la nube (Cloud Files), la administración de los Servidores de producción en la Nube (Servidores Cloud).

Las características de alto rendimiento, la posibilidad de trabajo en redes y la eficiente administración de la data, hacen que el sistema de distribución libre en cloud sea un concepto transparente para el estudiante de Ingeniería Informática quien conoce los estándares del campo de la Ingeniería de software, las características de interoperabilidad, que proporciona moverse entre clouds, así como la extensibilidad mediante APIs que hacen de la distribución libre en cloud una buena alternativa para lograr la gestión de grandes conjuntos de datos científicos de manera progresiva y estable.

**Cuadro N°5**  
**Resultados de la encuesta, utilización de**  
**Aplicación informática de sistema experto(en %)**  
 Fuente: Elaboración propia

	<b>Respuesta</b>	<b>%</b>
¿Has utilizado anteriormente una aplicación informática sobre Sistemas Expertos para solucionar un problema?	Nunca he visto ni en demos un Sistema experto.	26%
	Solo he visto demos aunque me importa el tema.	57%
	Tengo interés, visto demos y he utilizado una vez un sistema experto.	13%
	Tengo interés, visto demos y he utilizado más de una vez un sistema experto.	4%

Los resultados obtenidos nos muestran una realidad preocupante ya que se aprecia que solo un 4% de los encuestados ha visto y/o utilizado más de una vez un sistema experto (un sistema experto móvil para control de nivel de glucosa en la sangre) y en la actualidad, en el siglo XXI con el auge de la digitalización global, es un factor clave en el éxito de un Ingeniero Informático saber crear, programar y utilizar un sistema experto.

Asimismo el 26% nunca ha visto ni en demos un Sistema experto, lo cual hace que el Ingeniero Informático pierda competitividad frente a los que sí conocen y emplean sistemas expertos y su tecnología que combinada con el bagaje de

conocimiento del campo de la informática permite encontrar soluciones eficientes a los problemas correspondientes a la Ingeniería Informática.

Se debe tener en cuenta que los campos de aplicación de los sistemas expertos son una gran fuente de trabajo para los profesionales de Sistemas e Informática, y esta no es una realidad desconocida para el estudiante de la carrera de Ingeniería Informática, es así que el 57% ha visto demos aunque le importa el tema ya que no puede conocer de primera mano, en un ambiente de desarrollo un sistema experto real de arquitectura abierta.

**Cuadro N°6**  
**Resultados de la encuesta,**  
**Temas de Programación orientada a objetos comprendidos**  
**mediante el sistema experto(en %)**

Fuente: Elaboración propia

	<b>Respuesta</b>	<b>%</b>
Comprensión de temas de programación orientada a objetos mediante el sistema experto.	Clases y objetos	94%
	Abstracción	87%
	Herencia	83%
	Polimorfismo	66%

Los resultados nos muestran que el sistema experto logra la comprensión de los grandes temas propios de la programación orientada a objetos, en promedio se encuentra en un valor de 82%.

El primer tema “**Clases y objetos**” alcanzó un 94% lo cual demuestra que la arquitectura abierta del sistema permite la comprensión de este concepto y el estudiante de programación puede entender claramente que una clase es un grupo de objetos con propiedades comunes y que cada objeto es una instancia de la clase a la que pertenece lo cual a su vez ilustra el concepto del encapsulamiento de datos y las operaciones que tratan dichos datos.

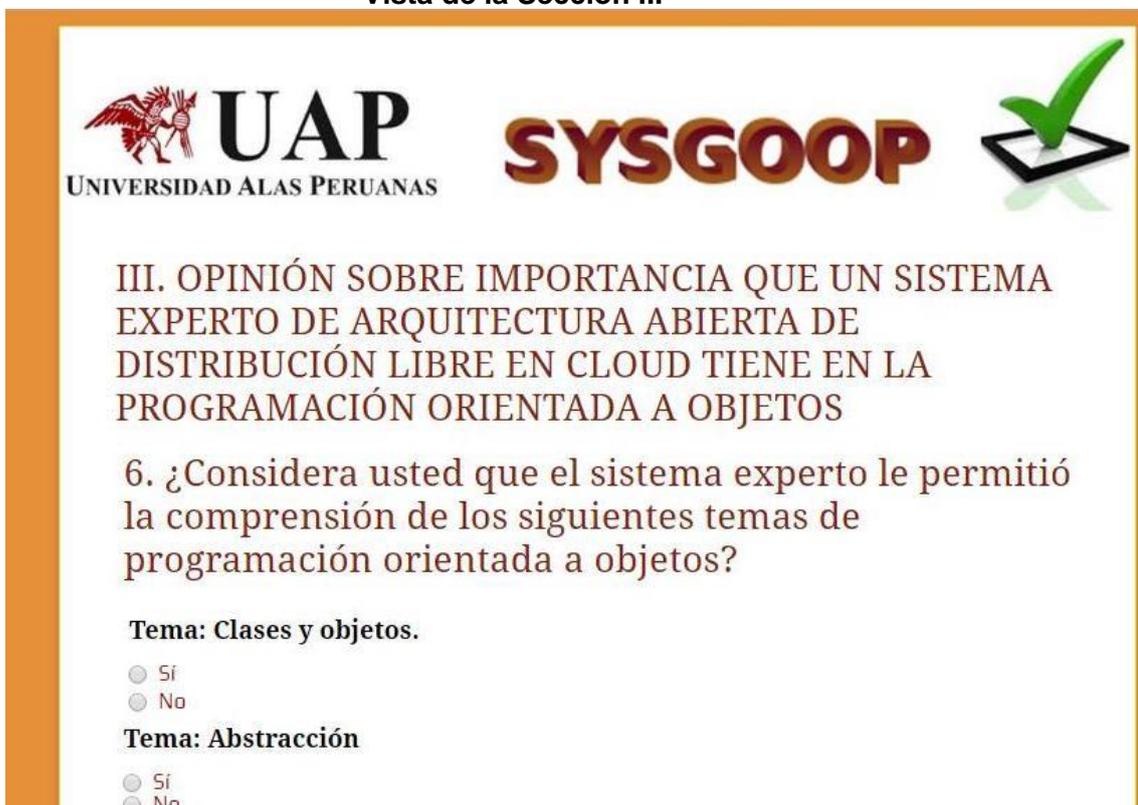
Con un valor de aceptación del 87% los estudiantes manifiestan que han comprendido el segundo tema “**Abstracción**”, el cual otorga flexibilidad cuando se tiene que realizar modificaciones a un programa y reduce la diferencia semántica al generar una representación consistente en todo la

jerarquía de clases que se utilizan en un sistema basado en la programación orientada a objetos.

El tercer tema “**Herencia**” obtuvo un 83%, que es un valor muy aceptable ya que este concepto permite la reutilización de código, es más eficiente para resolver complejos problemas de programación y permite organizar correctamente las clases para poder crear objetos capaces de comunicarse entre sí a través de mensajes con la característica de encapsulamiento el cual permite ocultar los detalles de implementación de un objeto.

Asimismo la Herencia al definir la relación entre clases de objetos permite rehusar los atributos y métodos definidas en la clase más general o clase base, también permite el uso del “**Polimorfismo**” (66%) el cual es el cuarto tema por el cual un método abstracto puede ser definido con diferente código, según el objeto que recibe el mensaje.

**Figura 5**  
**Encuesta on line sobre utilización de Sistema Experto**  
**Vista de la Sección III**



 **UAP**  
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

 **SYSGOOP**



**III. OPINIÓN SOBRE IMPORTANCIA QUE UN SISTEMA EXPERTO DE ARQUITECTURA ABIERTA DE DISTRIBUCIÓN LIBRE EN CLOUD TIENE EN LA PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS**

6. ¿Considera usted que el sistema experto le permitió la comprensión de los siguientes temas de programación orientada a objetos?

**Tema: Clases y objetos.**

Sí

No

**Tema: Abstracción**

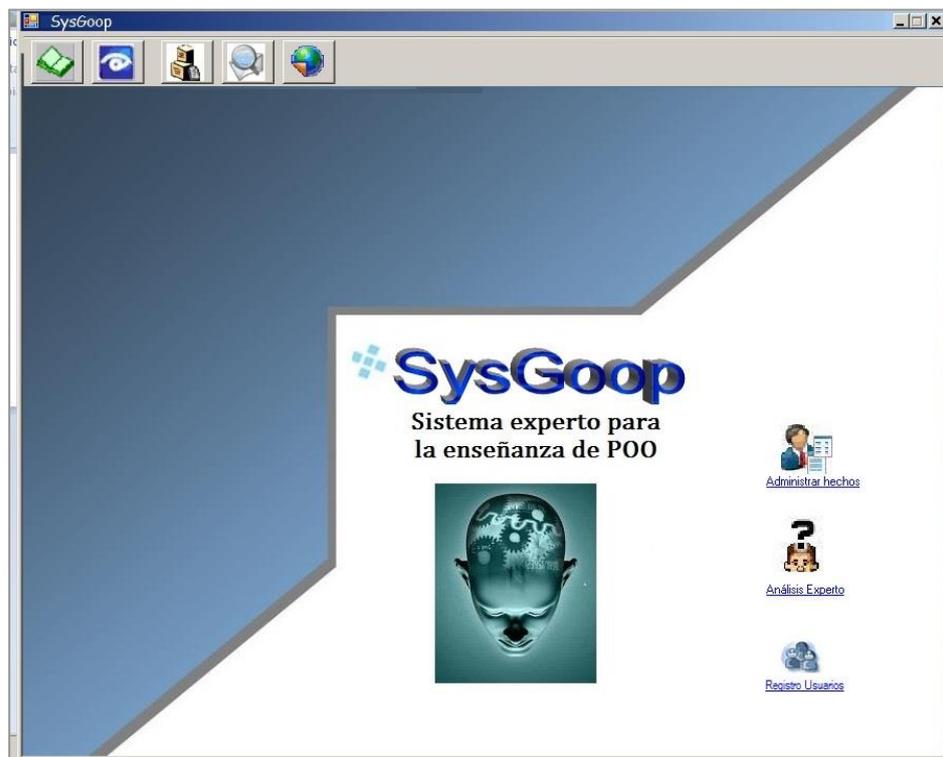
Sí

No

#### Sección IV: Información General del Sistema Experto Probado.

A continuación se muestra una vista del sistema experto y luego los resultados de la aplicación del cuestionario on line a los alumnos que utilizaron el Sistema en modo de prueba, los datos corresponden a la sección IV del cuestionario comprende desde la pregunta o ítem 7 hasta

**Figura 6**  
**Vista de SysGoop**



Para la evaluación de los ítems correspondientes a la Información general se procederá al cálculo de eficiencia, según la fórmula siguiente:

$$E = \frac{Rpta1(1) + Rpta2(0.75) + Rpta3(0.50) + Rpta4(0.25)}{(\text{Número de preguntas}) \times 100\%}$$

Donde:

Rpta1= Número de respuestas más satisfactorias.

Rpta2= Número de respuestas menos satisfactorias.

Rpta3= Número de respuestas regulares.

Rpta4= Número de respuestas no satisfactorias.

**E**= Porcentaje de eficiencia del factor evaluado.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los ítems 7 a 16 del cuestionario on line.

<b>Item 7</b>			
El Sistema experto se ejecuta rápidamente			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	15
De acuerdo	3	Respuesta regular	23
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	3
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	6
Total			47

$$E = \frac{15 (1) + 23 (0.75) + 3 (0.50) + 6 (0.25)}{47} = 75\%$$

**Eficiencia sobre el Sistema experto se ejecuta rápidamente (E) = 75%**

<b>Item 8</b>			
La información de ayuda del Sistema experto resulta útil			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	15
De acuerdo	3	Respuesta regular	24
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	5
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	3
Total			47

$$E = \frac{15 (1) + 24 (0.75) + 5 (0.50) + 3 (0.25)}{47} = 77\%$$

**Eficiencia referida a la información de ayuda del Sistema experto resulta útil. (E) = 77%**

<b>Item 9</b> Las interfaces de usuario son amigables.			
<b>Respuesta</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Clasificación para el cálculo de la Eficiencia</b>	<b>Resultado</b>
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	26
De acuerdo	3	Respuesta regular	13
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	4
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	4
Total			47

$$E = \frac{26 (1) + 13 (0.75) + 4 (0.50) + 4 (0.25)}{47} = 82\%$$

<b>Eficiencia referida a las interfaces de usuario son amigables. (E) = 82%</b>
---

<b>Item 10</b> No tomó mucho tiempo aprender las opciones de utilización.			
<b>Respuesta</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Clasificación para el cálculo de la Eficiencia</b>	<b>Resultado</b>
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	18
De acuerdo	3	Respuesta regular	18
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	2
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	9
Total			47

$$E = \frac{18 (1) + 18 (0.75) + 2 (0.50) + 9 (0.25)}{47} = 74\%$$

<b>Eficiencia referida a No tomó mucho tiempo aprender las opciones de utilización. (E) = 74%</b>
---

<b>Item 11</b>			
La manera en que el Sistema experto presenta la información es clara y entendible			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	19
De acuerdo	3	Respuesta regular	22
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	2
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	4
Total			47

$$E = \frac{19(1) + 22(0.75) + 2(0.50) + 4(0.25)}{47} = 80\%$$

**Eficiencia referida a la manera en que el Sistema experto presenta la información es clara y entendible. (E) = 80%**

<b>Item 12</b>			
La información que el Sistema experto provee se entiende de manera completa			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	20
De acuerdo	3	Respuesta regular	16
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	3
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	8
Total			47

$$E = \frac{20(1) + 16(0.75) + 3(0.50) + 8(0.25)}{47} = 76\%$$

**Eficiencia referida a la información que el Sistema experto provee se entiende de manera completa. (E) = 76%**

<b>Item 13</b>			
Hay demasiado para leer antes de comenzar a utilizar el sistema experto			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	20
De acuerdo	3	Respuesta regular	21
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	2
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	4
Total			47

$$E = \frac{20 (1) + 21 (0.75) + 2 (0.50) + 4 (0.25)}{47} = 80\%$$

**Eficiencia referida a Hay demasiado para leer antes de comenzar a utilizar el sistema experto. (E) = 80%**

<b>Item 14</b>			
La velocidad del sistema experto es apropiada			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo.	4	Respuesta más satisfactoria	18
De acuerdo	3	Respuesta regular	25
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	0
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	4
Total			47

$$E = \frac{18 (1) + 25 (0.75) + 0 (0.50) + 4 (0.25)}{47} = 80\%$$

**Eficiencia referida a La velocidad del sistema experto es apropiada. (E) = 80%**

<b>Item 15</b>			
La organización de los menús y la información listada es lógica			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	22
De acuerdo	3	Respuesta regular	15
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	3
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	7
Total			47

$$E = \frac{22(1) + 15(0.75) + 3(0.50) + 7(0.25)}{47} = 78\%$$

**Eficiencia referida a la organización de los menús y la información listada es lógica. (E) = 78%**

<b>Item 16</b>			
Los mensajes para prevenir errores y excepciones son adecuados.			
Respuesta	Puntaje	Clasificación para el cálculo de la Eficiencia	Resultado
Completamente de acuerdo	4	Respuesta más satisfactoria	20
De acuerdo	3	Respuesta regular	19
Algo de acuerdo	2	Respuesta menos satisfactoria.	6
Completamente en desacuerdo	1	Respuesta no satisfactoria	2
Total			47

$$E = \frac{20(1) + 19(0.75) + 6(0.50) + 2(0.25)}{47} = 80\%$$

**Eficiencia referida a Los mensajes para prevenir errores y excepciones son adecuados. (E) = 80%**

### 3.4 Desarrollo de SysGoop

En el presente acápite se presentan las características de SysGoop, sistema experto de arquitectura abierta y se detalla el desarrollo, el mismo que se realiza **completamente**, sin utilizar ningún shell previamente construido, es un sistema experto basado en reglas, con encadenamiento de reglas hacia atrás.

De acuerdo a lo expuesto en el acápite 2.2.2 la arquitectura de un sistema experto está basada en la separación del **conocimiento** de su **procesamiento**, a ello se añade una interfaz de usuario y un componente explicativo, así un sistema experto está conformado por el motor de inferencia, la base de conocimiento, la base de hechos, la interfaz de usuario y el componente explicativo, los cuales se han desarrollado utilizando el paradigma de Programación orientada a como herramientas de programación Visual C#.Net y SQL Server.

Para demostrar la aplicación del paradigma de Programación orientada a objetos se ha tomado como caso de aplicación, el diagnóstico de alergias.

#### **Interfaz de usuario**

Es el mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema experto, con el fin de que el usuario se encuentre en un entorno de trabajo sencillo de usar, se consideró fundamental dotar al sistema experto de un fuerte componente gráfico, para lo cual se utilizaron los componentes de Visual C#.Net, así se trabajó en el desarrollo de una interfaz bajo Windows, sumamente interactiva, que incorpora el mouse como instrumento fundamental para ingresar la información al sistema experto.

### **Características de la Interfaz de usuario**

Las interfaces de usuario creadas para el sistema experto reúnen las características que según la bibliografía consultada debe implementarse a un sistema experto:

- Ser “amigable”, es decir que las interfaces de comunicación con el usuario faciliten el aprendizaje de su manejo.
  - Realizar validación de los datos de entrada.
  - Los resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario.
  - Las preguntas y explicaciones deben ser comprensibles para el usuario.
- Según esta concepción, el sistema experto cuenta con interfaces gráficas para realizar las consultas, con el fin de facilitar la interacción con el usuario. Podemos distinguir tres funciones diferentes en el uso de las mismas.

### **Funciones de la interfaz de usuario**

La interfaz de usuario realiza tres funciones básicas en el sistema experto:

- 1) Es un medio para el ingreso de información.
- 2) Es un medio para la salida de resultados procesados por el sistema experto: diagnóstico, reportes, etc.
- 3) Proporciona ayuda para el manejo del sistema experto.

#### **1) Ingreso de información**

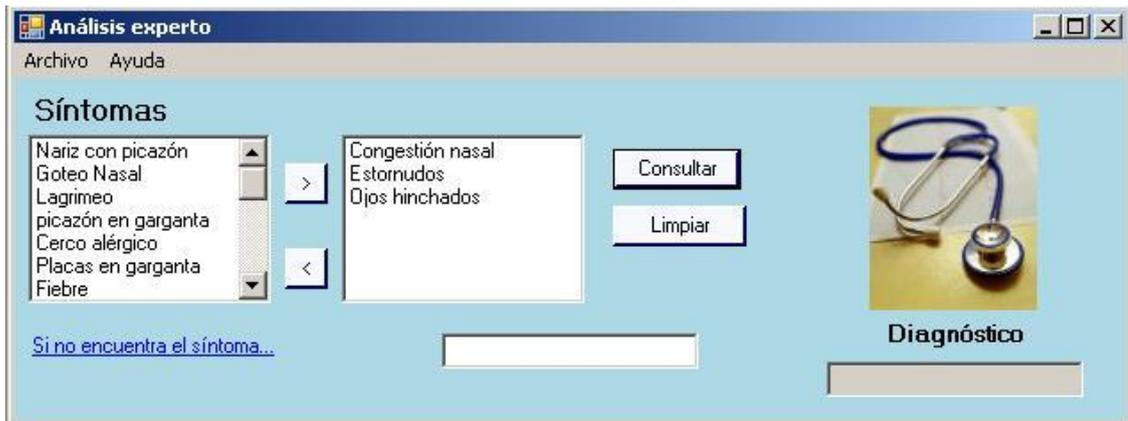
Esta función se puede apreciar por ejemplo en la interfaz dada por el formulario “AdministrarSíntomasForm” el cual como su nombre indica sirve para administrar los síntomas que conforman la base de hechos del sistema experto, es decir realizar los procesos de :

- Agregar síntomas a la base de hechos.
- Eliminar síntomas de la base de hechos.
- Actualizar información sobre síntomas de la base de hechos.

#### **2) Para mostrar la salida de resultados**

Un ejemplo se presenta en la Figura 7, en la que luego de ingresar los síntomas presentados por el paciente y contestar otras preguntas del sistema experto para descartar otro diagnóstico, este genera el diagnóstico correspondiente.

**Figura 7: Interfaz “Análisis experto”**



3) Como ayuda para recordar las diferentes tipos de síntomas existentes.

Por medio de esta función se brinda ayuda al médico para el manejo del sistema experto, por ejemplo durante la consulta se presentan pantallas que visualizan los diferentes tipos de síntomas.

### Validación con eventos

La validación de los datos de entrada se realiza utilizando los eventos, por ejemplo en el formulario “Administrar SíntomasForm” se ha generado el evento “validating” para validar los datos de entrada a la base de hechos que almacena los síntomas, se muestra el método de validación correspondiente al componente encargado de ingresar los síntomas a la base de hechos.

```
private void editHecho_Validating(object sender,
System.ComponentModel.CancelEventArgs e)
{ if ( this.editHecho.Text == "" )
    {
        MessageBox.Show("Debe ingresar un síntoma","Error,
espacio en blanco");
        this.editHecho.Clear();
        this.editHecho.Focus();
    }
}
}
```

Asimismo se realiza la validación correspondiente al cuadro de opciones creado para seleccionar la clasificación del síntoma, así se realiza la validación para controlar que la clasificación no quede sin seleccionar, se envía mensaje de error y se genera una secuencia iterativa por medio de la cual no se procede al envío de información al motor de inferencia mientras que no se complete el ingreso de toda la información que requiere el sistema.

### **La base de conocimiento**

Contiene el conocimiento del dominio convenientemente formalizado y estructurado, éste componente contiene el conocimiento del experto, el mismo que se ha representado, codificado, usando diferentes técnicas de representación del conocimiento.

En nuestro caso se ha utilizado SQL Server para crear la base de conocimientos, cabe mencionar que al estar separada la base de conocimientos del motor de inferencia y al utilizar SQL Server nos permite que se pueda utilizar posteriormente la base de conocimientos para otros tipos de estudios estadísticos.

### **Motor de inferencia**

Como se ha definido en el capítulo II, el motor de inferencia es el “cerebro”, es la entidad que realiza las operaciones de búsqueda y selección de las reglas a utilizar en el proceso de razonamiento, en nuestro caso se ha **construido el motor de inferencia** utilizando el lenguaje de programación Visual C#.Net,

### **Utilización del Paradigma de Programación orientada a objetos: uso de clases y objetos.**

#### **La clase hechos**

La clase hechos corresponde a todos los hechos relevantes que el motor de inferencia utilizará para emitir un diagnóstico.

Esta clase utiliza 5

Para el proyecto se ha creado el namespace SysGoop

Los DataSet del sistema

Primeramente hay que especificar que un DataSet es una clase, representa una caché de memoria interna de datos, perteneciente al espacio de nombres: System.Data, representa un componente fundamental de la arquitectura de ADO.NET.

En el sistema experto se han definido las siguientes **instancias u objetos** para emplear la clase DataSet:

- 1) dsetHechos
- 2) dsetReglas
- 3) dsetKeys
- 4) dsetInferencias

### **Características de DataSet**

DataSet está compuesto por una colección de objetos DataTable que se pueden relacionar entre ellos mediante objetos DataRelation, también se puede imponer la integridad de los datos de DataSet mediante los objetos UniqueConstraint y ForeignKeyConstraint.

Los objetos DataTable contienen los datos, mientras que DataRelationCollection permite desplazarse por la jerarquía de la tabla. Las tablas están incluidas en un [DataTableCollection](#) al que se obtiene acceso a través de la propiedad [Tables](#). Al obtener acceso a los objetos **DataTable**, hay que tener en cuenta que éstos distinguen entre mayúsculas y minúsculas condicionalmente.

Un **DataSet** puede leer y escribir datos y esquemas como documentos XML. Los datos y esquemas pueden transportarse, a continuación, a través de HTTP y cualquier aplicación puede utilizarlos en cualquier plataforma que sea compatible con XML. Los esquemas se pueden guardar como esquemas XML mediante el método [WriteXmlSchema](#), y tanto los esquemas como los datos se pueden guardar mediante el método [WriteXml](#). Hay que utilizar el método [ReadXml](#) para leer un documento XML que incluya esquema y datos.

En una implementación normal de varios niveles, los pasos de creación y actualización de un **DataSet** y, a su vez, de actualización de los datos originales, son los siguientes:

1. Construir y llenar cada **DataTable** de un **DataSet** con datos desde un origen de datos mediante [DataAdapter](#).
2. Cambiar los datos de los objetos **DataTable** individuales mediante la adición, actualización o eliminación de objetos [DataRow](#).
3. Llamar al método [GetChanges](#) para crear un segundo **DataSet** que sólo incorpore los cambios realizados en los datos.
4. Llame al método [Update](#) de **DataAdapter**, pasando el segundo **DataSet** como argumento.
5. Se invoca el método [Merge](#) para combinar los cambios del segundo **DataSet** con el primero.

6. Invocar al método [AcceptChanges](#) de **DataSet**. O bien, invocar al método [RejectChanges](#) para cancelar los cambios.

## CONCLUSIONES

Luego de realizado el análisis de los resultados de la Encuesta aplicada a los alumnos de la Escuela de Ingeniería Informática de la URP, se pueden enunciar las siguientes conclusiones:

1. Se concluye que La arquitectura abierta de un sistema experto influiría adecuadamente en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma ya que se realizó el contraste de hipótesis por medio de la prueba chi-cuadrado.
2. Se concluye que un sistema experto de arquitectura abierta si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios ya que maximiza significativamente el impacto de la enseñanza de Inteligencia Artificial por medio de la programación orientada a objetos, aunque existen algunas discrepancias entre el marco teórico subyacente requerido para la elaboración del Sistema experto de arquitectura abierta y los resultados medidos, debido a la rapidez de cambio de la tecnología informática que cada vez incorpora a mayor velocidad nuevos términos y expresiones en el lenguaje de los usuarios de un sistema informático, el aislar las clases del sistema experto de acuerdo al modelo de n-capas, da coherencia al sistema desarrollado con el diseño teórico y los principios utilizados según el contexto.
3. Se concluye que el sistema experto de arquitectura abierta, de distribución libre en cloud, si permite que los estudiantes puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema propio ya que al adquirir un buen nivel de comprensión del paradigma de programación orientado a objetos podrá desarrollar un sistema real que les permita hacer la conexión

entre los principios teóricos y una aplicación de diseño de inteligencia artificial con el fin de mejorar la integración de la teoría con la práctica.

3. La arquitectura abierta de un sistema experto puesta a disposición de los alumnos, en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos, si influye significativamente, ya que el estudiante de Ingeniería Informática tiene idea y le interesa mucho los Sistemas expertos y la Inteligencia Artificial pues al ser nativo digital vive rodeado de tecnología y herramientas informáticas que usan de manera intuitiva, luego debido a su formación universitaria tiene un interés genuino en crear sus propios sistemas expertos, con el fin de poder realizar aportes en el campo de la investigación, por lo cual es muy beneficioso que el alumno de Ingeniería Informática puede disponer de un Sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud y utilizar libremente, con un registro previo, toda la arquitectura del sistema experto, es decir las clases, los formularios, los métodos, el motor de inferencia, etc. que le permitan un entendimiento completo que le permita crear su propio sistema experto.

## RECOMENDACIONES

A continuación, de las conclusiones formuladas se pueden enunciar las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda realizar el proyecto de desarrollo de software correspondiente al Sistema Experto de Arquitectura abierta para la enseñanza de Programación orientada a objetos, utilizando como herramienta de desarrollo Visual C#.net y como paradigma de programación la Programación orientada a objetos, siguiendo los estándares internacionales SQuaRE; System and Software Quality Requirements and Evaluation que contiene los requisitos y evaluación de calidad de productos de software (ISO25000, 2015).
2. Se recomienda realizar una mejor alineación entre el marco teórico subyacente requerido para la elaboración del Sistema experto de arquitectura abierta y los resultados que se medirán, ya que la velocidad de cambio de la tecnología informática hace necesario que el estudiante deba tomar conocimiento y obtener competencias en una variada gama de sistemas.
3. Se recomienda realizar más investigación sobre sistemas expertos que además involucren las aplicaciones móviles, ya que los dispositivos móviles actualmente están a disposición de los estudiantes y favorecería el aumento de la comprensión del paradigma de programación orientada a objetos en diversas audiencias.

## REFERENCIAS

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balestrini, M. (1999). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Cohen, P. & Feigenbaum, E. (2014). *The handbook of Artificial intelligence*. USA: Addison-Wesley.

Durkin, J. & Durkin, J. (1998). *Expert systems: design and development*. USA: Prentice Hall.

Giarratano, J., Riley, G. (2001). *Sistemas Expertos Principio y Programación*. España: Thomson Learning.

Hayes-Roth, F., Waterman, D. & Lenat, D. (1984). *Building expert systems*. USA: Addison-Wesley.

Hernández, J. & Sierra, J. (1988). *Ingeniería del conocimiento: Diseño y construcción de sistemas expertos*. Argentina: Cordova.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mac Graw Hill.

Leiva, P. (2010). Sistema experto "Kalm" para el mantenimiento preventivo correctivo en la red telefónica peruana. (Tesis de Maestría). UNI. Lima-Perú.

Lorenzo, M., Sánchez, E, Gorgojo, G., Dimitriadis, Y., Pérez, J. & Leo, D. (2005). Sistema maleable para el apoyo y guiado del aprendizaje colaborativo basado en servicios grid. (Tesis de Doctorado). Universidad de Valladolid. España.

McCarthy, J. (1965). *LISP 1.5 programmer's manual*. USA: MIT press.

McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*. The bulletin of mathematical biophysics, 5(4), 115-133. UK: Oxford University Press.

Pajares, G., & Santos, M. (2006). *Inteligencia Artificial e Ingeniería del conocimiento*. México: Alfaomega.

Shannon, C. E. (1988). *Programming a computer for playing chess*. New York: Springer.

Tapia, J. (2011). *Sistema experto para el apoyo del proceso de orientación vocacional para las carreras de ingeniería en la Pontificia Universidad Católica del Perú*. (Tesis de Maestría). PUCP. Lima-Perú.

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460. UK: Oxford University Press.

Vento Ortíz, A. (2013). *Un sistema experto para optimizar la toma de decisiones de financiamiento*. (Tesis de Maestría). PUCP. Lima-Perú.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Batarseh, F.A. & Gonzalez, A.J. (2013). Incremental lifecycle validation of knowledge-based systems through CommonKADS. *Systems, Man, and Cybernetics: Systems, IEEE Transactions on*, 43(3), 643-654.

Recuperado de: [http://etd.fcla.edu/CF/CFE0003621/Batarseh\\_Feras\\_A\\_201105\\_PhD.pdf](http://etd.fcla.edu/CF/CFE0003621/Batarseh_Feras_A_201105_PhD.pdf)

Breuker, J., & Van de Velde, W. (Eds.). (1994). *CommonKADS library for expertise modelling: reusable problem solving components* (Vol. 21). IOS press.

Recuperado de: <http://www.iospress.nl/book/commonkads-library-for-expertise-modelling/>

Cegarra, J., & Ortigoza, J. (2009). *Automatización del proceso de evaluación de los aprendizajes en la Educación Superior*. Encuentro Educacional, 16(1).

Recuperado de: <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/encuentro/article/view/5572>

Docampo, L., Casas, L., Coello, L., Pérez, O., Caballero, Y., Yordi, I., & Bello, R. (2015). Metodología para Diseñar Sistemas Expertos de Álgebra Lineal. *Conferencias LACLO*, 5(1).

Recuperado de : <http://www.laclo.org/papers/index.php/laclo/article/viewFile/244/226>

INEI (2015) *Encuesta Nacional a Egresados Universitarios y Universidades, 2014*.

Recuperado de:

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1298/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1298/Libro.pdf)

Mariño, S. (2014). *Los sistemas expertos para apoyar la gestión inteligente del conocimiento*. Vínculos, 11(1), 101-108.

Recuperado de: <http://revistavinculos.udistrital.edu.co/files/2015/02/Los-sistemas-expertos-para-apoyar-la-gestion-inteligente-del-conocimiento.pdf>

Prado, J. C. A., & Fischer, A. L. (2013). *Condiciones de la gestión del conocimiento, capacidad de innovación y resultados empresariales. Un modelo explicativo*. Revista Pensamiento y Gestión, (35).

Recuperado de: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/viewFile/6104/3514>

### Anexo 1: Matriz de consistencia de variables

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	FUENTES
¿Influye significativamente la arquitectura abierta de un sistema experto en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos, en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma?	General Determinar si la arquitectura abierta de un sistema experto influye en la enseñanza de inteligencia artificial usando programación orientada a objetos, en los estudiantes de Ingeniería informática de la Universidad Ricardo Palma.	General La arquitectura abierta de un sistema experto influiría adecuadamente en la enseñanza de inteligencia artificial por medio de la programación orientada a objetos en los estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Ricardo Palma.	Independiente  X: sistema experto	X1: Motor de inferencia, programa encargado de aplicar la lógica de programación.  X2: Base de conocimiento, contiene e l conocimiento estructurado.	Desarrollo propio utilizando C# .
Problemas secundarios  P1. ¿Permitiría un sistema experto de arquitectura abierta que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios?  P2. ¿Permitiría un sistema experto de arquitectura abierta, de distribución libre en cloud, que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio?	Objetivos específicos  a) Determinar si un sistema experto de arquitectura abierta permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.  b) Determinar si un sistema experto de arquitectura abierta, de distribución libre en cloud permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio.	Hipótesis secundarias  a) Un sistema experto de arquitectura abierta si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática puedan crear sistemas expertos propios.  b) Un sistema experto de arquitectura abierta de distribución libre en cloud si permitiría que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática pueda n acceder al conocimiento necesario para elaborar un sistema experto propio.	Dependiente  Y: Nivel de conocimiento de un sistema experto.	Y1: número de estudiantes que afirman que el sistema experto de arquitectura abierta incrementó en un nivel medio y alto su comprensión de la programación orientada a objetos. Y2: Porcentaje de comprensión del tema “Clases y objetos” de POO (Programación orientada a objetos) mediante el sistema experto. Y3: Porcentaje de comprensión del tema “Abstracción” de POO mediante el sistema experto. Y4: Porcentaje de comprensión del tema “Herencia” de POO mediante el sistema experto. Y5: Porcentaje de comprensión del tema “ Polimorfismo” de POO mediante el sistema experto.	Cuestionario Validado por Juicio de Expertos

---

**Anexo 2: Encuesta sobre utilización de sistema expertos**

---



---

**CUESTIONARIO ON LINE SOBRE UTILIZACIÓN DE SISTEMA EXPERTO DE ARQUITECTURA ABIERTA**

---

**I. INFORMACIÓN GENERAL DEL ALUMNO**

---

*Edad :* \_\_\_\_\_

*Sexo :*

- Masculino       Femenino

**II. CONOCIMIENTO Y OPINIÓN SOBRE SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

---

1. *¿Sabe usted lo que es la Inteligencia Artificial*

- No sé lo que es la Inteligencia Artificial, no tengo idea.
- Aunque tengo idea no me importa el tema.
- Tengo idea y me interesa mucho.

2. *¿Sabe usted lo que es un Sistema Experto y cómo se utiliza para resolver un problema?*

- No sé lo que es un Sistema Experto, ni en qué se utiliza.
- Aunque tengo idea no me importa el tema.
- Tengo idea y me interesa mucho.

### III. OPINIÓN SOBRE IMPORTANCIA QUE UN SISTEMA EXPERTO DE ARQUITECTURA ABIERTA DE DISTRIBUCIÓN LIBRE EN CLOUD TIENE EN LA PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS

3. *¿En qué nivel el Sistema Experto de arquitectura abierta incrementó su comprensión de la Programación orientada a objetos?*

- Muy bajo
- Bajo
- Medio alto
- Muy alto
- NS/NO

4. *¿Sabe usted lo que es la distribución libre en cloud?*

- No sé lo que es cloud, ni en qué se utiliza.
- Aunque tengo idea no me importa el tema.
- Tengo idea y me interesa mucho.

5. *¿Has utilizado anteriormente una aplicación informática sobre Sistemas Expertos para solucionar un problema?*

- Nunca he visto ni en demos un Sistema experto.
- Solo he visto demos aunque me importa el tema.
- Tengo interés, visto demos y he utilizado una vez un sistema experto.
- Tengo interés, visto demos y he utilizado más de una vez un sistema experto.

6. ¿Considera usted que el sistema experto le permitió la comprensión de los siguientes temas de programación orientada a objetos?

Tema	Seleccione su opción:	
Clases y objetos	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No.
Abstracción	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No.
Herencia	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No.
Polimorfismo	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No.

#### IV. RESULTADOS DE PRUEBA DEL SISTEMA EXPERTO

Respecto a las afirmaciones siguientes sobre el sistema experto probado:

7. *El Sistema experto se ejecuta rápidamente.*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

8. *La información de ayuda del Sistema experto resulta útil.*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

9. *Las interfaces de usuario son amigables.*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

10. *No tomé mucho tiempo aprender las opciones de utilización.*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

11. *La manera en que el Sistema experto presenta la información es clara y entendible*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

12. *La información que el Sistema experto provee se entiende de manera completa*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

13. *Hay demasiado para leer antes de comenzar a utilizar el sistema experto:*

- Completamente en desacuerdo
- Algo de acuerdo
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

14. *La velocidad del sistema experto es apropiada.*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

15. *La organización de los menús y la información listada es lógica*

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

16. *Los mensajes para prevenir errores y excepciones son adecuados.*

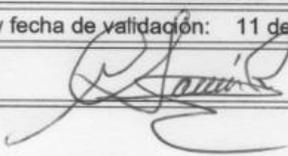
- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Algo de acuerdo
- Completamente en desacuerdo

Anexo 3

**INSTRUMENTO PARA LA VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO  
ON LINE SOBRE UTILIZACIÓN DE SISTEMA EXPERTO DE  
ARQUITECTURA ABIERTA**

CRITERIOS	APRECIACIÓN CUALITATIVA			
	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
Presentación del Instrumento	X			
Claridad en la redacción de los ítems	X			
Pertinencia de la variable con los indicadores	X			
Relevancia del contenido	X			
Factibilidad de la aplicación	X			

Observaciones:

Validado por: <b>Mg. Carlos Antonio García Quirós</b>
Profesión: Ingeniero Industrial y de Sistemas
Lugar de Trabajo: Universidad Ricardo Palma
Cargo que desempeña: Coordinador de la Maestría en Ingeniería Informática y de la Biblioteca Virtual de la Escuela de Posgrado
Lugar y fecha de validación: 11 de Noviembre del 2016
Firma: 

## ANEXO 4: Codificación relevante usando C#

---

### Codificación relevante usando C#

```
using System;
using System.Data.SqlClient;
using System.Data;
using System.Windows.Forms;
namespace SysGoop
{

/*La clase Sintomas que son ingresados por medio del formulario SintomasForm para
ser consultados con la Tabla de Hechos*/

public class Hechos{

public string Hecho;

public int IdHecho;
SqlConnection cn= new SqlConnection("user id= SCampos;integrated security
=SSPI;data source=. ;persist security info=False;initial catalog=BaseConocimientos");

DataSet dsetHechos= new DataSet();

public int NumSintomas,NumSintomasAnalizar; //Almacenar el numero de síntomas
que hay en Hechos
    string []ArrayDescripcion= new string[100]; //para almacenar descripciones
para listBox
    int []ArrayCodigo= new int[100]; //para almacenar codigos de sintomas
    public int []SintomasAnalizar=new int[100];

public void crearDsetHechos()
{cn.Open();
    SqlDataAdapter daHechos= new SqlDataAdapter("Select * from Hechos", cn);
    daHechos.Fill(dsetHechos,"Hechos"); //Genero el conjunto de datos
    NumSintomas=dsetHechos.Tables["Hechos"].Rows.Count;
}
```

```

private void ListaHechosDSet(System.Windows.Forms.ListBox listSintomas )
    {
        listSintomas.DataSource=dsetHechos.Tables["Hechos"];

        listSintomas.DisplayMember=dsetHechos.Tables["Hechos"].Columns[2].ToString(
g());

        listSintomas.ValueMember=dsetHechos.Tables["Hechos"].Columns[0].ToString(
);
    }

//*****
public void LLenarArreglo()
{ // "ArraySintomas para almacenar el dataset
string vdato;int coddato;
for (int i=0; i<NumSintomas; i++)
    {
        vdato=dsetHechos.Tables["Hechos"].Rows[i].ItemArray[2].ToString();
        ArrayDescripcion[i]=vdato;
        vdato=dsetHechos.Tables["Hechos"].Rows[i].ItemArray[0].ToString();
        coddato= int.Parse(vdato);
        ArrayCodigo[i]=coddato;
    }
}

//*****

public void ListaHechosDArray_en_List(ListBox listSintomas)
    {
        for (int i=0; i< NumSintomas;
i++)listSintomas.Items.Add(ArrayDescripcion[i]); }

//*****

public void Clear(ListBox listSintomas, ListBox listAnalizar, TextBox t1)
    {
        t1.Clear(); //t2.Clear();t3.Clear();t5.Clear();
        for(int i=0; i<NumSintomasAnalizar; i++) SintomasAnalizar[i]=0;
//LIMPIA EL VECTOR
        listAnalizar.Items.Clear(); //Limpia todo el listBox listAnalizar
//debe refrescar listSintomas: 1) limpia todo 2) llamar a llenaLista
        listSintomas.Items.Clear();

```

```

        ListaHechosDArray_en_List(listSintomas);
    }

    //*****
    private bool consistencia(ListBox listAnalizar)
    { bool c= true;
        NumSintomasAnalizar=listAnalizar.Items.Count;
        if (NumSintomasAnalizar==0)
            {
                MessageBox.Show("Ups, no ingresó ningún
sintoma","SysGoop dice...",MessageBoxButtons.OK,MessageBoxIcon.Stop);
                c= false;
            }
        if (NumSintomasAnalizar>0 && NumSintomasAnalizar<=2)
            {
                MessageBox.Show("¿Qué pasó?" + "\n"+ "El número de
sintomas es insuficiente"+ "\n" +"para el análisis"+ "\n"+ "Así no puedo,
pués...","SysLerg dice...",MessageBoxButtons.OK,MessageBoxIcon.Warning);
                c= false;
            }
        return c;
    }

    public void Diagnostica(ListBox listAnalizar, TextBox t1)
    {if(consistencia(listAnalizar))
        {
            if(MessageBox.Show("¿Fiebre?","SysGoop",MessageBoxButtons.YesNo,MessageBoxIcon.Question)==DialogResult.Yes)
                MessageBox.Show("No corresponde a alergia,
posible infección","SysGoop dice...");
            else
                {
                    string vdato; int k=0;
                    for(int i=0; i<NumSintomasAnalizar; i++)
                    {
                        vdato= listAnalizar.Items[i].ToString();
                        for(int j=0; j<NumSintomas; j++)
                        {
                            if(vdato.CompareTo(ArrayDescripcion[j])==0)
                                {
                                    SintomasAnalizar[k]=ArrayCodigo[j];
                                    k++;
                                }
                        }
                    }
                }
        }
    }
}

```

```
        } // fin for i
        Reglas arg= new Reglas();
        arg.Regla1(SintomasAnalizar);
        t1.Text=arg.Mdiagnostico();
    }
}

public Hechos(){
}
}
```

## ANEXO 5: Distribución Chi Cuadrado $\chi^2$

---

p = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el Chi cuadrado tabulado.

v = Grados de Libertad.

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120