

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES  
CARRERA DE INFORMATICA**



**TESIS DE GRADO**

**“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO DEL COLESTEROL”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA  
MENCIÓN: INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

**POSTULANTE:** GUSTAVO FIMO MAMANI VARGAS

**TUTOR METODOLOGICO:** LIC. GROVER ALEX RODRIGUEZ RAMIREZ

**ASESOR:** PH. D. JOSE MARIA TAPIA BALTAZAR

LA PAZ – BOLIVIA

2017



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES  
CARRERA DE INFORMÁTICA**



**LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## DEDICATORIA

*A Dios, a mi papá Isaac Mamani Mercado y al resto de mi familia, a mis docentes por su paciencia, colaboración, por guiarme y apoyarme para poder llegar hasta aquí.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento muy especial a mi Tutor Metodológico Lic. Grover A. Rodríguez Ramírez, quien me brindó su conocimiento, experiencia y apoyo en la conclusión de la presente Tesis de Grado.

De la misma manera, un agradecimiento a mi asesor de Tesis Lic. José María Tapia Baltazar por su asesoramiento en las diferentes etapas de esta tesis.

Agradezco a mi familia, por todo su apoyo a lo largo de mi carrera y de la elaboración de esta Tesis de Grado.

*Gustavo Firmo Mamani Vargas.*

## **RESUMEN**

Los Sistemas Expertos han sido desde su creación uno de los logros más frecuentemente exhibido de la Inteligencia Artificial. Sin embargo, su empleo aún no ha alcanzado los niveles que se esperan en esta área.

La ingeniería del Conocimiento es la rama de la Inteligencia Artificial, dedicada al diseño y desarrollo de los Sistemas Expertos, permite la generación de nuevos conocimientos, a partir del conocimiento objetivo, contribuyendo así al área en el que se está trabajando.

Los Sistemas Expertos son sistemas computacionales basados en conocimientos organizados, propios de una cierta área específica de la experiencia humana.

En este trabajo de tesis se ha desarrollado un Sistema Experto el mismo que servirá de apoyo a los profesionales de la salud y personas que padecen de Colesterol permitiendo realizar el diagnóstico en un determinado grado de esta enfermedad, se utilizó la Lógica Difusa con sus funciones de pertenencia para el ingreso de los síntomas al prototipo. La enfermedad es clasificada por grados de severidad, es una clasificación que se logra tras los estudios adecuados que pueden medir el grado de la enfermedad por medio de los datos de factores de riesgo y los síntomas, de esta manera el Sistema Experto determina el diagnóstico de colesterol.

Finalmente se concluye que la hipótesis y cada uno de los objetivos se cumplen con la investigación y el trabajo realizado. Con la utilización de la lógica difusa se pueden solucionar muchos problemas que hasta el momento no fueron desarrollados dentro del área de la medicina.

**INDICE**  
**CAPITULO I**  
**MARCO REFERENCIAL**

1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES .....	2
1.3. TESIS SIMILARES .....	3
1.4. DIAGNÓSTICO DEL COLESTEROL.....	4
1.4.1. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DE TRIGLICÉRIDOS.....	5
1.4.2. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DEL COLESTEROL.....	5
1.4.3. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DEL HDL .....	6
1.5. LISTA DE PROBLEMAS.....	6
1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.7. OBJETIVOS.....	7
1.7.1 OBJETIVO PRINCIPAL .....	7
1.7.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	7
1.8. HIPÓTESIS .....	8
1.9. JUSTIFICACIÓN.....	8
1.9.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	8
1.9.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	9
1.9.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA.....	9
1.10. ALCANCES Y LÍMITES .....	9
1.11. APORTES .....	10
1.12. ASPECTOS METODOLOGICOS.....	10
1.13. METODOLOGIA.....	11

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	12
2.2. CATEGORÍAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	12
2.3. SISTEMA EXPERTO.....	13
2.3.1. DEFINICIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	13
2.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	14
2.3.3. SISTEMA EXPERTO VERSUS SISTEMA CLASICO .....	15
2.3.4. DIFERENCIA ENTRE SISTEMA EXPERTO Y SISTEMA HUMANO .....	15
2.3.5 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	16
2.3.6. ARQUITECTURA DE SISTEMA EXPERTO (Dieter Nebendahi, 1988) .....	16
2.3.6.1. BASE DE CONOCIMIENTOS .....	17
2.3.6.2. BASE DE HECHOS (MEMORIA DE TRABAJO) .....	17
2.3.6.3. MOTOR DE INFERENCIA .....	17
2.3.6.4. MODULO DE EXPLICACIÓN .....	18
2.3.6.5. INTERFAZ DE USUARIO.....	18
2.3.7 EQUIPO DE DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO.....	18
2.4. LÓGICA DIFUSA.....	19
2.5. SISTEMAS DE LÓGICA DIFUSA .....	22
2.5.1 DIFUSOR .....	23
2.5.2. MOTOR DE INFERENCIA.....	23
2.5.3. CONGRESOR.....	23
2.6 METODOLOGÍA DE BUCHANAN.....	23
2.6.1. IDENTIFICACIÓN .....	24
2.6.2. CONCEPTUALIZACIÓN.....	24
2.6.3. FORMALIZACIÓN .....	24
2.6.4. IMPLEMENTACIÓN.....	24
2.6.5. PRUEBA O TESTEO.....	25
2.6.6. REVISIÓN DE PROTOTIPO .....	25

2.7 EI COLESTEROL .....	25
2.7.1 ANTECEDENTES DEL COLESTEROL .....	26
2.7.2 FUENTES DE COLESTEROL .....	26
2.7.3 COLESTEROL "BUENO Y COLESTEROL "MALO" .....	27
2.7.4 LDL .....	27
2.7.5 HDL.....	28
2.7.6 CAUSA Y RIESGO DEL COLESTEROL ELEVADO .....	29
2.7.6.1 CAUSAS QUE NO SE PUEDEN CAMBIAR .....	29
2.7.6.2. CAUSAS QUE SE PUEDEN CAMBIAR .....	29
2.7.7 CONSECUENCIAS DEL COLESTEROL ELEVADO .....	30
2.7.8. CAUSA Y RIESGO DEL COLESTEROL BAJO.....	30
2.7.8.1. CAUSAS DEL COLESTEROL TOTAL Y COLESTEROL LDL BAJO.....	30
2.7.8.2. CONSECUENCIAS DEL COLESTEROL BAJO .....	31
2.8 ESTUDIO SOBRE EL COLESTEROL POR LA OMS (Rt, 2012) .....	31

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLOGICO**

3.1. INTRODUCCIÓN.....	33
3.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA BUCHANAN.....	33
3.2.1. PRIMERA FASE: IDENTIFICACION .....	34
3.2.2. SEGUNDA FACE: CONCEPTUALIZACION.....	35
3.2.2.1. VALORES NORMALES.....	35
3.2.2.1.1 COLESTEROL TOTAL.....	35
3.2.2.1.2 LDL-COLESTEROL.....	35
3.2.2.1.3 HDL-COLESTEROL .....	36
3.2.2.3. FACTORES DE RIESGO CUANDO EL COLESTEROL ES ALTO .....	36
3.2.2.3.1. SEXO Y EDAD.....	36
3.2.2.3.2. ANTECEDENTES FAMILIARES.....	36
3.2.2.3.3. RÉGIMEN ALIMENTARIO.....	37

3.2.2.3.4. OBESIDAD .....	37
3.2.2.3.5. SEDENTARISMO .....	37
3.2.2.3.6. TABAQUISMO .....	37
3.2.2.3.7. DIABETES .....	37
3.2.2.4. SINTOMAS Y SIGNOS MÁS IMPORTANTES .....	38
3.2.2.5. TRATAMIENTO .....	39
3.2.2.5.1. LAS ESTATINAS .....	39
3.2.2.5.2. LAS RESINAS .....	39
3.2.2.5.3. LOS INHIBIDORES DE LA ABSORCIÓN DEL COLESTEROL .....	39
3.2.2.5.4. LOS FIBRATOS .....	39
3.2.3. TERCERA FASE FORMALIZACION .....	40
3.2.3.1. BASE DE CONOCIMIENTO .....	40
3.2.3.2. BASE DE HECHOS .....	40
3.2.3.3. DISEÑO DE SALIDAS .....	41
3.2.3.4 REGLAS .....	42
1.2.3.5. MOTOR DE INFERENCIA .....	45
3.2.3.6. FUZZIFICACION .....	45
3.2.4. CUARTA FACE: IMPLEMENTACIÓN .....	49
3.2.5. PROTOTIPO .....	50
3.2.6. QUINTA FACE: PRUEBA .....	52
3.2.7. SEXTA FACE: REVISION DEL PROTOTIPO .....	54

## **CAPÍTULO IV**

### **EVALUACION DE RESULTADOS**

4.1. CONTRASTE DE RACHAS DE WALD –WOLFOWITZ .....	55
4.2. DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPOTESIS .....	57

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSION.....	62
5.2 RECOMENDACIONES .....	62

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

LIBROS .....	64
TESIS.....	64
INTERNET .....	65

**ANEXOS**

**ANEXO A**

GLOSARIO MEDICO.....	67
----------------------	----

**ANEXO B**

ROL DEL PROFESIONAL.....	71
--------------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estructura Básica de un Sistema Experto .....	16
Figura 2: Ejemplo de Relación de Pertenencia a un conjunto difuso.....	20
Figura 3: Sistema de Lógica Difusa .....	22
Figura 4: Fases de la Metodología de Buchanan .....	24
Figura 5: Etapas de la elaboración de un SE según metodología Buchanan .....	25
Figura 6: LDL VS HDL.....	28
Figura 7: Facetas de Buchanan .....	34
Figura 8: Conjuntos Difusos de la Variable AMP .....	46
Figura 9: Conjuntos Difusos de la Variable CSPP .....	47
Figura 10: Conjuntos Difusos de la Variable EBAP .....	48
Figura 11: Árbol de Decisión.....	49
Figura 12: Pantalla de Inicio SEPDCO.....	50
Figura 13: Pantalla de Información SEPDCO.....	51
Figura 14: Ingreso de datos del paciente.....	52
Figura 15: Muestra del Sistema Experto.....	53
Figura 16: Resultado de Prueba del Sistema Experto.....	54
Figura 17: Curva Normal.....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Diferencias Entre Sistema Clásico y Sistema Experto.....	15
Tabla 2: Experto Humano Versus Sistema Experto .....	15
Tabla 3: Variables Lingüísticas de Entrada .....	41
Tabla 4: Variables Lingüísticas de Salida .....	42
Tabla 5: Comparación de Diagnostico Sistema Experto Vs Diagnostico Real .....	58

# CAPITULO I

## MARCO REFERENCIAL

### 1.1. INTRODUCCIÓN.-

Las enfermedades relacionadas con el estilo de vida comparten factores de riesgo semejantes a los de la exposición prolongada a tres conductas modificables también relacionadas con el estilo de vida (el tabaquismo, una dieta poco saludable y la inactividad física) y que tienen como resultado el desarrollo de enfermedades crónicas, especialmente enfermedades del corazón, accidentes cerebrovasculares, diabetes, obesidad, síndrome metabólico, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y algunos tipos de cáncer.

En la época contemporánea han aparecido nuevas enfermedades que aquejan al ser humano en su salud, estas enfermedades surgen en gran medida a causa del estilo de vida que conlleva el ser humano en la actualidad, las enfermedades relacionadas con el estilo de vida comparten factores de riesgo semejantes a los de la exposición prolongada a tres conductas modificables también relacionadas con el estilo de vida como ser el tabaquismo, una dieta poco saludable y la inactividad física, y que tienen como resultado el desarrollo de enfermedades crónicas, especialmente enfermedades del corazón, accidentes cerebrovasculares, diabetes, obesidad, bulimia, anorexia, síndrome metabólico, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, gastritis, colesterol alto, estrés, entre otros, y algunos tipos de cáncer. La aparición de estas enfermedades ofrece un nuevo reto al área de la medicina para su diagnóstico y tratamiento.

En la actualidad el uso de las tecnologías y el uso de algunos sistemas de información constituyen una de las más grandes e importantes aportaciones de la tecnología hacia la sociedad, actualmente la innovación tecnológica está en los procesos cotidianos que tiene las personas en las distintas áreas en que se desenvuelven, una de ellos es la Medicina asistida por computadoras para realizar análisis a los pacientes y así diagnosticar el tipo de enfermedad en base a los síntomas y resultados de los análisis para seguir un tratamiento médico, en sus diferentes especialidades como ser Cardiología, Gastroenterología, Endocrinología, Geriátrica, Infectología, Medicina legal y forense, Nefrología, Neumología, Neurología, Nutriología,

Oftalmología, Urología y otros; esto con el fin de mejorar la atención al paciente; en las especialidades de Endocrinología, Cardiología, Medicina General, que son las que se encargan de diagnosticar el nivel de colesterol en los pacientes para su posterior tratamiento, es evidente que existe demora en la obtención de los resultados de los análisis para diagnosticar el nivel de colesterol en los pacientes (Dr. Castro, 2016).

Por todo lo mencionado anteriormente y por la constante aparición de nuevas tecnologías en nuestro medio se ha visto necesario la importancia de aplicar un sistema experto. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad coadyuvar en el proceso de diagnóstico del colesterol.

El sistema experto está destinado a diagnosticar el tipo y nivel de colesterol con el uso de las nuevas herramientas tecnológicas y servirá como ayuda al profesional médico pueda emitir el tratamiento correspondiente para los pacientes.

## **1.2. ANTECEDENTES.-**

Debido a la aparición de las nuevas enfermedades en la edad contemporánea se han realizado diversos estudios para poder explicar la causa de estos, se ha conceptualizado que se debe al tratamiento de los sembradíos que son regados con químicos herbicidas, como también a los alimentos transgénicos, y que luego son consumidos por los seres humanos, también el llevar una vida sedentaria y alimentarse inadecuadamente, el vivir en las grandes ciudades genera mucha presión y esto también contribuiría a padecer alguna de las nuevas enfermedades.

Según informa la OMS entre los años 2000 - 2011, Diabetes y accidentes de tráfico son las causas principales de la mortalidad, a las que hay que añadir enfermedades del corazón y sistema respiratorio, derrame cerebral, diarrea, VIH/SIDA y cáncer. Mientras tanto, durante los últimos años, 2000-2011, se registran novedades en la lista: la tuberculosis ya no está entre las 10 principales causas de decesos, pero sigue estando entre las 15 primeras, dejando un millón de muertos en el año 2011 (María Valerio, 2013).

Las enfermedades crónicas causan un mayor número de muertes en el mundo. El cáncer de pulmón junto con el cáncer de tráquea y de bronquios causó 1,5 millones (2,7%) de muertes en el 2011, frente a los 1,2 millones en el 2000. Del mismo modo, la diabetes causó 1,4 millones de muertes en el 2011, frente a un millón en el año 2000.

En Bolivia las infecciones respiratorias e intestinales son la principal causa de muerte entre los bolivianos. En 2010, por ejemplo, un 42% de los pacientes que falleció en hospitales de las capitales departamentales del país padecía estas enfermedades. (María Valerio, 2013).

Respecto al colesterol esta es una sustancia natural que se encuentra en nuestro cuerpo, y es esencial para muchas funciones del mismo. En su gran medida se crea de forma natural, y una mínima parte de él, procede de la alimentación (Susana Salud, 2016).

Existen dos tipos de colesterol: el bueno (HDL) y el malo (LDL). Se mide en miligramos en sangre y hay tres cifras importantes a tener en cuenta:

- 200 miligramos en sangre son los que se debe tener de colesterol total.
- Por debajo de 130 miligramos se debe mantener el colesterol malo (LDL).
- Por encima de 40 miligramos se debe mantener el colesterol bajo (HDL).

Si bien el colesterol no es una de las principales causa de mortandad, si se padece de un alto nivel de colesterol este puede producir arterosclerosis de las arterias principalmente lo que afectaría al buen funcionamiento del corazón, pudiendo causar embolia cerebral, infarto respiratorio, cirrosis, hígado graso, generando hipertensión arterial, trastornos hepáticos y síndromes metabólicos asociados a la diabetes, y si se padece de colesterol bajo, este desencadenaría en la caquexia que es la desnutrición severa cercana a la tuberculosis((Susana Salud, 2016)).

### **1.3. TESIS SIMILARES.-**

Trabajos relacionados con Sistemas Expertos en el área de la medicina de la carrera de Informática en la Universidad Mayor de San Andrés, son los siguientes:

“Sistema Experto para el Diagnóstico de Infecciones Respiratorias”, este sistema emplea el aprendizaje automático mediante algoritmos genéticos (Suxo, 2001).

“Sistema Experto para el Diagnóstico de Diabetes”, este trabajo está desarrollado con el objetivo de brindar un apoyo a profesionales en salud y a personas particulares, permitiendo realizar el diagnóstico de la Diabetes Mellitus de tipo 1 y de tipo 2. Para su funcionamiento utiliza la combinación de Lógica Difusa y Redes Neuronales (Ríos, 2004).

“Sistema Experto para el Diagnóstico de Infarto Cardíaco”, el cual proporciona un diagnóstico de probabilidades de tener un infarto cardíaco con base en factores de riesgo presentes en una persona. Mediante el estudio del procedimiento para el diagnóstico, basado en la experiencia de la cardiología y la técnica de la Lógica Difusa (Sirpa, 2007).

“Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento del Grado de Severidad del Acné”, que almacene el conocimiento del experto dermatólogo, de modo que el servicio tenga mayor alcance poblacional (Gutiérrez, 2010).

“Sistema Experto de Interpretación de Anomalías en Señales Electrocardiográficas Basado en Lógica Difusa”, tiene como objetivo reconocer las anomalías en señales electrocardiográficas para dar una interpretación correcta que ayude al diagnóstico y tratamiento adecuado al paciente (Villarroel, 2011).

#### **1.4. DIAGNÓSTICO DEL COLESTEROL.-**

Para diagnosticar el colesterol se debe seguir una serie de procedimientos que realiza el experto humano y que se pasa a detallar a continuación.

Materiales a utilizar: Reactivos LDL, HDL, Triglicéridos; pipetas graduadas, espectrómetro, baño María de centrifugado, tubos de ensayo, jeringas.

Pasos:

1. Se extrae una muestra de sangre del paciente de aproximadamente 10 ml. y se deja descansar a la muestra durante 10 min. a temperatura ambiente para luego comenzar a realizar el procedimiento de la determinación del Colesterol, Triglicéridos, HDL, LDL.
2. Se coloca dos muestras del paciente en dos tubos de ensayo para equiparar, posteriormente se coloca en la maquina centrifugadora los dos tubos de ensayo con las respectivas muestras durante cinco min. a 3500 rpm.

#### **1.4.1. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DE TRIGLICÉRIDOS.-**

Se rotula tres tubos de ensayo denominados blanco, estándar, muestra o problema.

1. En el tubo de ensayo blanco no se coloca nada, en el tubo de ensayo estándar se coloca diez landas de estándar para colesterol, y en la muestra diez landas de suero.
3. En cada uno de los tres tubos de ensayo se coloca 1000 micro litros del reactivo para la prueba de triglicéridos, se agita los tubos suavemente y se deja reposar durante 10 min. a temperatura ambiente o se puede colocar a baño María durante cinco min. a 37° C.

#### **1.4.2. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DEL COLESTEROL.-**

Se rotula tres tubos de ensayo denominados blanco, estándar, muestra o problema.

1. En el tubo de ensayo blanco se coloca 10 landas del reactivo estándar, en el tubo de ensayo estándar se coloca diez landas del suero, para luego colocar mil micro litros del reactivo para colesterol en los tres tubos de ensayo, posteriormente se mezcla suavemente y se deja descansar durante diez min. a temperatura ambiente o a cinco min. en baño María a 37° C.
2. En el espectrómetro en su panel de principal se procede a calibrar el método para el análisis del tubo de ensayo blanco, luego se inserta el tubo de ensayo blanco y seguidamente el estándar, y es cuando en la pantalla del espectrómetro visualizamos el factor del colesterol.

### **1.4.3. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DEL HDL.-**

En un tubo de ensayo colocar 100 landas de la muestra del suero del paciente, agitar levemente y dejar reposar durante cinco min. a temperatura ambiente, luego llevar a la maquina centrifugadora durante cinco min. a 2000 rpm., seguidamente de la muestra centrifugada se toma diez landas y un mililitro del reactivo para colesterol; entonces realizamos la lectura en el espectrómetro el cual nos entregará el resultado del HDL en la muestra.

Entonces, una vez obtenidos los resultados de los Triglicéridos, Colesterol y HDL, recién podemos calcular el LDL aplicando la siguiente formula:

$$\text{LDL} = [\text{Colesterol} - (\text{Triglicéridos} / 5) + \text{HDL}] \text{ mg/dl}$$

### **1.5. LISTA DE PROBLEMAS.-**

Durante el estudio del procedimiento que utiliza el experto humano para diagnosticar el colesterol se pudo evidenciar los siguientes problemas:

1. Demora en obtener material reactivo para realizar los exámenes de laboratorio, consecuentemente el paciente debe esperar mucho tiempo a riesgo de perder la vida.
2. Inseguridad al no poder comprobar si el paciente cumplió o no con los requisitos para poder tomar una muestra de su sangre, consecuentemente los resultados del análisis de laboratorio no son confiables, entonces se debe realizar nuevos análisis al paciente.
3. Mala calibración del espectrómetro, causando resultados erróneos para el análisis de laboratorio.
4. Desconocimiento si el centrifugador se encuentra en buen estado, Afectando de esta manera al tratamiento de operaciones de variables para el análisis de laboratorio.

5. Procedimiento erróneo al realizar operaciones matemáticas en lo que se refiere a operaciones con decimales debido a la falta de conocimiento para operar este tipo de cifras, causando márgenes de error numérico para el diagnóstico del colesterol

Con lo anteriormente mencionado se puede concluir que el experto humano comete errores en los resultados de colesterol y se desconoce el nivel de este error, por lo que se concluye que es necesario la creación de un sistema experto para esta tarea y así coadyuvar al diagnóstico del colesterol.

### **1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-**

Dado que no se cuenta con la información necesaria acerca de la enfermedad que padece el paciente y no se cuenta con el conocimiento del especialista o la experiencia del experto humano, realizar un diagnóstico a un paciente tomando en cuenta parámetros no adecuados provocaría un diagnóstico errado y no transparente, tratamiento indebido, temor en los pacientes, muerte del paciente.

¿Cómo ayudar a diagnosticar el colesterol, para que coadyuve tanto al médico como al paciente?

### **1.7. OBJETIVOS.-**

#### **1.7.1 OBJETIVO PRINCIPAL.-**

Desarrollar un Sistema Experto para diagnosticar el Colesterol que coadyuve tanto al médico como al paciente.

#### **1.7.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS.-**

- Formalizar el conocimiento.
- Diseñar el Sistema Experto utilizando la lógica difusa como un medio para representar la

descripción del funcionamiento con lenguaje natural, facilitando también las tareas de prueba y mantenimiento del sistema.

- Desarrollar la base de conocimiento basado en Reglas.
- Orientar, aconsejar y alertar a la sociedad.
- Realizar un prototipo que permita indicar si una persona padece del colesterol.

## 1.8. HIPÓTESIS.-

“El uso de Lógica Difusa permitirá que el Sistema Experto diagnostique el colesterol con una confiabilidad del 95 %.”

De las cuales identificamos las variables correspondientes:

- **Variable Independiente:** El Sistema Experto diagnostica el colesterol
- **Variable dependiente:** Respuesta confiable
- **Variable Interviniente:** Lógica Difusa

## 1.9. JUSTIFICACIÓN.-

En la actualidad los sistemas expertos, reemplazan el término información por el de conocimiento, contribuyendo en el área de la medicina para realizar el diagnóstico de enfermedades que afectan a nuestro cuerpo. Para nuestro estudio el sistema experto realizara el diagnóstico del tipo de colesterol y su nivel en ausencia de los expertos y estará dirigido tanto a médicos del área como a especialistas endocrinólogos, cardiólogo, medicina general, quienes podrán asistir al sistema y realizar un diagnóstico mucho más preciso y más rápido de sus pacientes.

### 1.9.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.-

EL presente trabajo de investigación es un nuevo modelo el cual ayudará a diagnosticar los problemas de salud de pacientes con problemas del colesterol alto y bajo y sus consecuencias

utilizando sistemas difusos. Los resultados del diagnóstico que se obtengan ayudaran a determinar los problemas de salud de pacientes con problemas relacionados al colesterol, que es un problema que se puede solucionar con una consulta de atención primaria y un tratamiento adecuado.

Con los resultados de esta investigación se beneficiaran: pacientes con problemas de colesterol, laboratorios de análisis, profesionales médicos especialistas, realizando el diagnóstico de datos de laboratorio, signos y síntomas, causas y fármacos.

### **1.9.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.-**

Debido a las características de este programa, es que el desarrollo e implementación de este no significará ningún costo para el usuario final, otra característica importante es que el programa se desarrollará completamente bajo el entorno de software libre evitando así la adquisición de licencias para el funcionamiento de los componentes del sistema.

### **1.9.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA.-**

Debido a que la Ciencia Informática y la Inteligencia Artificial han resaltado la importancia de los sistemas de soporte de ayuda a la toma de decisiones y de la información cualitativa. Para nuestro estudio se desarrollara un modelo para asistir al especialista en la toma de decisiones y resolución de problemas (Diagnóstico, Tratamiento médico). Utilizando la representación del conocimiento, la teoría practica de los sistemas difusos.

### **1.10. ALCANCES Y LÍMITES.-**

El Sistema Experto aplicando lógica difusa realizara el diagnostico en pacientes asintomático de: Enfermedades coronarias, Diabéticos, Poliglobulia, Enfermedades endocrinas, tiroides, corazón y vasos sanguíneos.

El Sistema Experto está dirigido únicamente al área de la salud, el diagnóstico realizado por el

Sistema Experto no emitirá un tratamiento de recuperación al paciente.

### **1.11. APORTES.-**

La construcción del Sistema Experto aplicando lógica difusa es importante porque:

Sera un aporte para el área de medicina en general, y particularmente en el diagnóstico de enfermedades cardiacas y endocrinas.

Desarrollar un modelo de diagnóstico el cual pueda servir como guía a otros profesionales del área de la medicina.

La implementación de un sistema experto empleando nuevas tecnologías.

Beneficiará a la población en tener un diagnóstico adecuado y aproximado.

Sera una herramienta para sociedad en general.

### **1.12. ASPECTOS METODOLOGICOS.-**

Para la elaboración de Sistema Experto se empleara el método científico que proporciona un conjunto de pasos y reglas lógicas por medio de los cuales es posible realizar el planteamiento de problemas y puestas a prueba de la hipótesis científica, se tomara los siguientes pasos para desarrollar:

- Observación y análisis, se observa en el planteamiento del problema la necesidad de apoyar en el proceso del diagnóstico.
- Identificación del problema, Cuando el problema ha sido identificado se procede a formular la hipótesis.
- Hipótesis, Es una suposición provisional por demostrar de la que se intenta extraer una consecuencia, para así afirmar o negar la suposición. Consecuentemente una hipótesis, si es confirmada, esta se puede transformar en una ley científica que establezca una relación entre dos o más variables. Al estudiar un conjunto de leyes se puede hallar algunas irregularidades entre ellas y que den lugar a unos principios generales con los cuales se constituyen una teoría.
- Experimentación, Consiste en la verificación o comprobación de la hipótesis. La experimentación determina la validez de las posibles explicaciones que nos hemos dado y

decide el que una hipótesis se acepte o se deseche, introduciendo o eliminando aquellas variables que pueden influir en el estudio.

- Análisis de los resultados, El análisis de los datos experimentales permitirá comprobar si la hipótesis era correcta y dar una explicación científica al hecho o fenómeno observado.
- Conclusiones, En conclusiones se hará la interpretación de los hechos observados de acuerdo con los datos experimentales.

### 1.13. METODOLOGIA.-

Para el desarrollo del Sistema Experto usaremos la **Metodología de Buchanan**, el cual se basa en adquirir conocimiento de distintas fuentes y tiene una serie de pasos.

- Identificación
- Conceptualización
- Formalización
- Implementación
- Testeo o prueba
- Revisión de prototipo

La técnica utilizada en este trabajo es la Lógica Difusa, en la adquisición e interpretación de conocimiento del diseño del Sistema Experto (Tejeda, 2015).



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.-**

En el ámbito de las ciencias de la computación se denomina como inteligencia artificial a la facultad de razonamiento que ostenta un agente que no está vivo, tal es el caso de un robot, por citar uno de los ejemplos más populares, y que le fue conferida gracias al diseño y desarrollo de diversos procesos gestados por los seres humanos. Cabe destacarse que además del poder de razonar, estos dispositivos son capaces de desarrollar muchas conductas y actividades especialmente humanas como puede ser resolver un problema dado, practicar un deporte, entre otros (Nebendahl, 1988).

El concepto de Inteligencia Artificial, también conocido por las siglas AI, se le debe al informático estadounidense John McCarthy, quien en el año 1956 lo pronunció por primera vez en una conferencia causando un gran impacto en el ámbito de la tecnología. A partir de ese entonces, el concepto se diseminó fantásticamente por el mundo y por ello hoy es tan común su uso cuando queremos referirnos a aquellas máquinas o aparatos dotados de una inteligencia similar a la de los seres humanos. McCarthy además del concepto aportó muchísimos conocimientos de vanguardia al campo de la inteligencia artificial.

#### **2.2. CATEGORÍAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.-**

A partir de la definición de Sistemas Expertos, dependiendo del enfoque, estos se clasifican en cuatro categorías:

- Sistemas que piensan como humanos, estos sistemas tratan de emular el pensamiento humano; por ejemplo las redes neuronales artificiales. La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, resolución de problemas y aprendizaje.

- Sistemas que actúan como humanos, estos sistemas tratan de actuar como humanos; es decir, imitan el comportamiento humano; por ejemplo la robótica. El estudio de cómo lograr que los computadores realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor.

- Sistemas que piensan racionalmente, es decir, con lógica (idealmente), tratan de imitar o emular el pensamiento lógico racional del ser humano; por ejemplo los sistemas expertos. El estudio de los cálculos que hacen posible percibir, razonar y actuar.

- Sistemas que actúan racionalmente (idealmente), tratan de emular de forma racional el comportamiento humano; por ejemplo los agentes inteligentes. Está relacionado con conductas inteligentes en artefactos.

## **2.3. SISTEMA EXPERTO.-**

### **2.3.1. DEFINICIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.-**

Los sistemas expertos son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una especialidad o campo determinado. Un sistema experto de verdad no solo realiza funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino también manipula esos datos de forma tal, que el resultado sea inteligente y tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente específicas. (Stevens, 2003)

Un sistema experto debería ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones determinísticas e inciertas, comunicar con otros sistemas o personas, tomar decisiones apropiadas y explicar porque se han tomado esas decisiones. Podemos pensar un sistema experto como consultor que suministra ayuda a los expertos humanos, con un grado razonable de confiabilidad. (Poma, 2014)

Es un software que imita el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema. Pueden almacenar conocimientos de expertos para un campo determinado y solucionar un problema mediante deducción lógica de conclusiones.

Son Sistemas Expertos aquellos programas que se realizan haciendo explícito el conocimiento en ellos, que tienen información específica de un dominio concreto y que realizan una tarea relativa a este dominio.

Programas que manipulan conocimiento codificado para resolver problemas en un dominio especializado en un dominio que generalmente requiere de experiencia humana.

Programas que contienen tanto conocimiento declarativo (hechos acerca de objetos, eventos y/o situaciones) como conocimiento de control (información acerca de los cursos de una acción), para emular el proceso de razonamiento de los expertos humanos en un dominio en particular y/o área de experiencia.

Software que incorpora conocimiento de experto sobre un dominio de aplicación dado, de manera que es capaz de resolver problemas de relativa dificultad y apoyar la toma de decisiones inteligentes en base a un proceso de razonamiento simbólico (Castro, 2006).

### **2.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.-**

Cuando se modelan los Sistemas Expertos se busca que tengan las siguientes características que son propias de los expertos:

- Habilidad para llegar a una solución a los problemas en forma rápida y certera.
- Habilidad para explicar los resultados a la persona que no cuenta con ese conocimiento.
- Habilidad para aprender de las experiencias.
- Habilidad de reestructurar el conocimiento para que se adapte al ambiente.
- Conciencia de sus limitaciones.-

### **2.3.3. SISTEMA EXPERTO VERSUS SISTEMA CLASICO.-**

La siguiente tabla compara un Sistema Experto contra un Sistema Clásico.

**Tabla 1: Diferencias Entre Sistema Clásico y Sistema Experto**

<b>SISTEMA CLÁSICO</b>	<b>SISTEMA EXPERTO</b>
Conocimiento y procesamiento combinados en un programa	Base de conocimiento separada del mecanismo de procesamiento
No contiene errores	Puede contener errores
No da explicaciones, los datos sólo se usan o escriben	Una parte del sistema experto la forma el módulo de explicación
Los cambios son tediosos	Los cambios en las reglas son fáciles
El sistema sólo opera completo	El sistema puede funcionar con pocas reglas
Se ejecuta paso a paso	La ejecución usa heurísticas y lógica
Necesita información completa para operar	Puede operar con información incompleta
Representa y usa datos	Representa y usa conocimiento

**Fuente: (Poma, 2014)**

#### **2.3.4. DIFERENCIA ENTRE SISTEMA EXPERTO Y SISTEMA HUMANO.-**

La siguiente tabla compara las características entre los sistemas expertos y un experto humano.

**Tabla 2: Experto Humano Versus Sistema Experto**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>SISTEMA EXPERTO</b>	<b>SISTEMA HUMANO</b>
Conocimiento	Adquirido	Adquirido + Innato
Adquisición de Conocimiento	Teórico	Teórico + Practico
Campo	Único	Múltiples
Explicación	Siempre	A Veces
Limitación de Capacidad	Siempre	Sí, no valuable
Capacidad	Si, idéntico	No
Reproducible	Infinita	Finita

**Fuente: (Poma, 2014)**

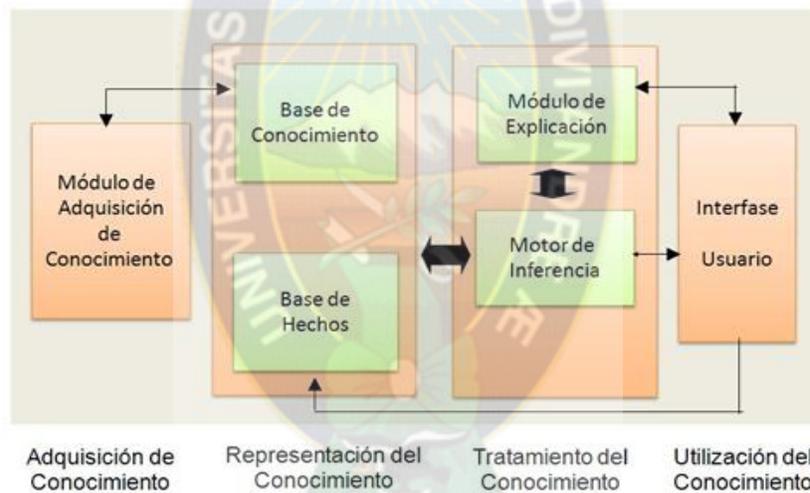
#### **2.3.5 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.-**

A continuación se mencionan algunas de las áreas en el que se emplean los Sistemas Expertos:

- Transacciones Bancarias
- Control de Tráfico
- Problemas de planificación
- Diagnostico Medico
- Militar
- Informática
- Telecomunicaciones
- Control Inteligente y Diagnóstico de Fallas

### 2.3.6. ARQUITECTURA DE SISTEMA EXPERTO (Dieter Nebendahi, 1988).-

**Figura 1: Estructura Básica de un Sistema Experto**



**Fuente: (Maldonado, 2011)**

Está constituida de la siguiente manera:

- Base de Conocimiento
- Base de Hechos
- Mecanismo de Inferencia
- Modulo de Explicación
- Interfaz de Usuario

#### 2.3.6.1. BASE DE CONOCIMIENTOS.-

Es la parte del sistema experto que contiene el conocimiento sobre el dominio. Hay que obtener el conocimiento del experto y codificarlo en la base de conocimientos. Una forma clásica de representar el conocimiento en un sistema experto son las reglas. Una regla es una estructura condicional que relaciona lógicamente la información contenida en la parte del antecedente con otra información contenida en la parte del consecuente.

### **2.3.6.2. BASE DE HECHOS (MEMORIA DE TRABAJO).-**

Contiene los hechos sobre un problema que se han descubierto durante una consulta. Durante una consulta con el sistema experto, el usuario introduce la información del problema actual en la base de hechos. El sistema empareja esta información con el conocimiento disponible en la base de conocimientos para deducir nuevos hechos.

### **2.3.6.3. MOTOR DE INFERENCIA.-**

El sistema experto modela el proceso de razonamiento humano con un módulo conocido como el motor de inferencia. Dicho motor de inferencia trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos para deducir nuevos hechos. Contrasta los hechos particulares de la base de hechos con el conocimiento contenido en la base de conocimientos para obtener conclusiones acerca del problema. El método más común de razonamiento en Sistemas Expertos es la aplicación del modus ponens, utilizado en lógica matemática:

P1:  $P \rightarrow Q$

P2:  $P$

C:  $Q$

#### **2.3.6.4. MODULO DE EXPLICACIÓN.-**

Una característica de los sistemas expertos es su habilidad para explicar su razonamiento. Usando el módulo del subsistema de explicación, un sistema experto puede proporcionar una explicación al usuario de por qué está haciendo una pregunta y cómo ha llegado a una conclusión. Este módulo proporciona beneficios tanto al diseñador del sistema como al usuario. El diseñador puede usarlo para detectar errores y el usuario se beneficia de la transparencia del sistema.

#### **2.3.6.5. INTERFAZ DE USUARIO.-**

La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos. Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño del interfaz de usuario. Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable del usuario hay que poner especial cuidado en el diseño de las cuestiones. Esto puede requerir diseñar el interfaz usando menús o gráficos.

#### **2.3.7 EQUIPO DE DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO.-**

Para desarrollar un Sistema Experto se requiere un equipo que está conformado por:

- Experto
- Ingeniero de Conocimiento
- Usuario

El experto humano tiene la función de estructura, ordenar y fundamentar la información para que luego este a disposición del Sistema Experto, el Ingeniero en Conocimiento es quien plantea las preguntas al experto (o busca la información por otros medios), estructura su conocimiento y lo implementa en la base de datos, siendo que se focaliza en la captura de conocimiento y su organización sin necesariamente involucrase en los detalles de su

implementación; el Usuario aporta ideas y opinión sobre el entorno en que se aplicara el Sistema Experto.

## **2.4. LÓGICA DIFUSA.-**

La Lógica Difusa o borrosa es una rama de la inteligencia artificial que se funda en el concepto "Todo es cuestión de grado", lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación si quisiéramos hacer cambiar con esta información el funcionamiento o el estado de un sistema específico. Es entonces posible con la Lógica Difusa gobernar un sistema por medio de reglas de 'sentido común' las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

Las reglas involucradas en un sistema borroso, pueden ser aprendidas con sistemas adaptativos que aprenden al 'observar' como operan las personas los dispositivos reales, o estas reglas pueden también ser formuladas por un experto humano.

En general la lógica borrosa se aplica tanto a sistemas de control como para modelar cualquier sistema continuo de ingeniería, física, biología o economía.

La lógica borrosa es entonces definida como un sistema matemático que modela funciones no lineales, que convierte unas entradas en salidas acordes con los planteamientos lógicos que usan el razonamiento aproximado.

Se fundamenta en los denominados conjuntos borrosos y un sistema de inferencia borroso basado en reglas de la forma " SI..... ENTONCES..... ", donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos borrosos, es así como las reglas siempre convierten un conjunto borroso en otro.

Un tipo de lógica que reconoce más que simples valores verdaderos y falsos. Con lógica difusa, las proposiciones pueden ser representadas con grados de veracidad o falsedad. Por ejemplo, la sentencia "hoy es un día soleado", puede ser 100% verdad si no hay nubes, 80% verdad si hay pocas nubes, 50% verdad si existe neblina y 0% si llueve todo el día.



calientes o muy frías, para que sean procesadas por computadoras y cuantificar expresiones humanas vagas, tales como "Muy alto" o "luz brillante". De esa forma, es un intento de aplicar la forma de pensar humana a la programación de los computadores. Permite también cuantificar aquellas descripciones imprecisas que se usan en el lenguaje y las transiciones graduales en electrodomésticos como ir de agua sucia a agua limpia en una lavadora, lo que permite ajustar los ciclos de lavado a través de sensores.

La habilidad de la Lógica Difusa para procesar valores parciales de verdad ha sido de gran ayuda para la ingeniería. En general, se ha aplicado a sistemas expertos, verificadores de ortografía, los cuales sugieren una lista de palabras probables para reemplazar una palabra mal escrita, control de sistemas de trenes subterráneos.

Los operadores lógicos que se utilizarán en Lógica Difusa (AND, OR, etc.) se definen también usando tablas de verdad, pero mediante un "principio de extensión" por el cual gran parte del aparato matemático clásico existente puede ser adaptado a la manipulación de los Conjuntos Difusos y, por tanto, a la de las variables lingüísticas.

La operación más importante para el desarrollo y creación de Reglas Lógicas es la implicación, simbolizada por "  $\Rightarrow$  " que representa el "Entonces" de las reglas heurísticas: Si (...) Entonces ( $\Rightarrow$ ) (...).

Así, en la Lógica Difusa hay muchas maneras de definir la implicación. Se puede elegir una "función matemática de implicación" distinta en cada caso para representar a la implicación. La última característica de los sistemas lógicos es el procedimiento de razonamiento, que permite inferir resultados lógicos a partir de una serie de antecedentes. Generalmente, el razonamiento lógico se basa en silogismos, en los que los antecedentes son por un lado las proposiciones condicionales (nuestras reglas), y las observaciones presentes por otro (serán las premisas de cada regla).

Los esquemas de razonamiento utilizados son "esquemas de razonamiento aproximado", que intentan reproducir los esquemas mentales del cerebro humano en el proceso de razonamiento.

Estos esquemas consistirán en una generalización de los esquemas básicos de inferencia en Lógica Binaria.

Tan importante será la selección de un esquema de razonamiento como su representación material, ya que el objetivo final es poder desarrollar un procedimiento analítico concreto para el diseño de controladores difusos y la toma de decisiones en general.

Una vez que dispongamos de representaciones analíticas de cada uno de los elementos lógicos que acabamos de enumerar, estaremos en disposición de desarrollar formalmente un controlador "heurístico" que nos permita inferir el control adecuado de un determinado proceso en función de un conjunto de reglas "lingüísticas", definidas de antemano tras la observación de la salida y normas de funcionamiento de éste (Corzo, 2012).

## 2.5. SISTEMAS DE LÓGICA DIFUSA.-

Un sistema de lógica difusa puede entenderse como un sistema no lineal de múltiples entradas y múltiples salidas concretas, cuya estructura interna se muestra en la Figura 11.1

Cada una de las variables concretas [E1, E2, E3] o salida [S1, S2, S3] se representa dentro del Sistema de Lógica difusa por medio de una Variable Lingüística. El conjunto de las Variables Lingüísticas de entrada se conoce como el Universo de Entrada, y el conjunto de las Variables Lingüísticas de salida se conoce como el Universo de Salida (Santos, 2001).

**Figura 3: Sistema de Lógica Difusa**



**Fuente: (Tejeda, 2015)**

### **2.5.1 DIFUSOR.-**

El bloque difusor recibe las múltiples entradas concretas que llegan al Sistema de Lógica Difusa, y produce un Conjunto Difuso por cada una de ellas. Cada Conjunto Difuso producido por este bloque está definido sobre el Universo del Discurso de la variable Lingüística respectiva, cada conjunto está centrado en el valor concreto de la entrada, y tiene una función de pertenencia cuya forma puede ser distinta para cada variable de entrada.

### **2.5.2. MOTOR DE INFERENCIA.-**

El Motor de Inferencia recibe los  $p$  conjuntos difusos producidos por el Difusor, y los aplica a cada una de las  $m$  reglas de la Base de Reglas, para producir  $m*q$  Conjuntos difusos (un conjunto difuso por cada variable de salida en cada una de las reglas) definidos sobre los Universos de Discurso de las Variables Lingüísticas de salida.

### **2.5.3. CONGRESOR.-**

El bloque de concreción recibe los  $m*q$  Conjuntos difusos generados por el Motor de Inferencia y produce  $q$  valores concretos correspondientes a cada una de las Variables de Salida de Lógica Difusa.

En general, para producir cada uno de los  $q$  valores concretos, el congresor toma los  $m$  Conjuntos Difusos correspondientes a cada Variable de Salida y mediante algún algoritmo produce un valor concreto.

## **2.6 METODOLOGÍA DE BUCHANAN.-**

Buchanan quien fue pionero de los sistemas informáticos e inventor de los sistemas expertos, propone el método de desarrollo estructurado de sistemas inteligentes en 1983(Tejeda, 2015).

**Figura 4: Fases de la Metodología de Buchanan**



**Fuente: (Segura, 2013)**

### 2.6.1. IDENTIFICACIÓN.-

Fase en la que se reconocen aspectos importantes del problema, como ser expertos del dominio, ingenieros del conocimiento y futuros usuarios; las características del problema, como ser tipo, subtarear que lo componen, aspectos fundamentales, etc. y metas a alcanzar (formalizar conocimiento experto, distribuir experiencia, formar nuevos expertos, etc.).

### 2.6.2. CONCEPTUALIZACIÓN.-

Se trata de organizar el conocimiento según un esquema conceptual

**2.6.3. FORMALIZACIÓN.-** Se tratan de traducir conceptos clave de la fase anterior.

### 2.6.4. IMPLEMENTACIÓN.-

El ingeniero en conocimiento formula regla y estructura el control que representan los conceptivos y el conocimiento formalizado. Su resultado es un programa prototipo que nos permite comprobar si hemos conceptualizado y formalizado bien el conocimiento del experto acerca del problema.

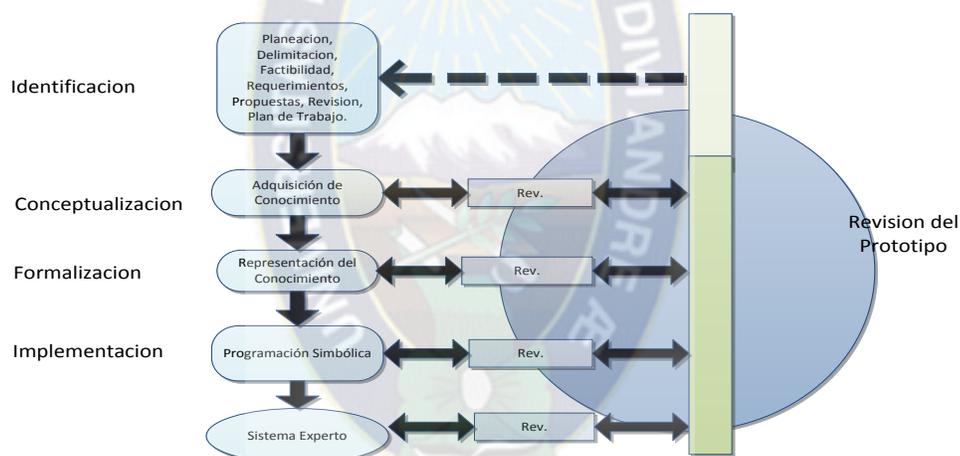
## 2.6.5. PRUEBA O TESTEO.-

Evaluamos el rendimiento del prototipo construido para encontrar errores.

## 2.6.6. REVISIÓN DE PROTOTIPO.-

Se formula los conceptos y rediseña el prototipo. La retroalimentación se puede hacer en la fase de Prueba (según Buchanan) y otros autores señalan que pueden implementarse en cualquier fase de la metodología. El desarrollo de un Sistema Experto comprende las siguientes etapas (aunque algunas pueden no considerarse).

**Figura 5: Etapas de la elaboración de un SE según metodología Buchanan**



Fuente: (Tejeda, 2015)

## 2.7 EL COLESTEROL.-

El colesterol, fue descubierto por el profesor de Química Orgánica Michel Eugène Chevreul (1786- 1889) a partir del análisis de cálculos de la vesícula biliar [Montero, 2011].

El colesterol viene de la palabra francesa “Cholesterol” (Antes ‘Cholesterine’). El colesterol es definido como una sustancia cerosa, de tipo grasosa, que existe naturalmente en todas las partes del cuerpo. El cuerpo necesita determinada cantidad de colesterol para funcionar adecuadamente. Pero el exceso de colesterol en la sangre, combinado con otras sustancias,

puede adherirse a las paredes de las arterias. Esto se denomina placa. Las placas pueden estrechar las arterias o incluso obstruirlas (Montero, 2011).

La mayor parte del colesterol se produce en el hígado, aunque también se obtiene a través de algunos alimentos; Los niveles de colesterol elevados en la sangre pueden aumentar el riesgo de enfermedades cardíacas. Los niveles de colesterol tienden a aumentar con la edad. El aumento de colesterol no suele tener signos ni síntomas, pero puede detectarse con un análisis de sangre. Se tiene probabilidades de tener un nivel de colesterol alto si se tiene antecedentes familiares, sobrepeso o si se consume mucha comida chatarra y grasosas.

### **2.7.1 ANTECEDENTES DEL COLESTEROL.-**

El colesterol es el principal esteroide del organismo humano. Los esteroides son un tipo de grasas naturales presentes en el organismo.

El colesterol en si es una sustancia similar a la grasa e indispensable para la vida. Se encuentra en las membranas celulares de nuestros organismos, desde el sistema nervioso al hígado y al corazón. El cuerpo necesita colesterol para fabricar hormonas, ácidos biliares, vitamina D, y otras sustancias. Sin embargo, el aumento del colesterol en la sangre y su depósito en las arterias puede ser peligroso y producir aterosclerosis (estrechamiento o endurecimiento de las arterias por depósito de colesterol en sus paredes), accidente cerebrovascular y enfermedad vascular periférica; el colesterol es también un importante constituyente de los cálculos biliares.

### **2.7.2 FUENTES DE COLESTEROL.-**

El origen del colesterol en el organismo tiene dos fuentes, la externa (exógena) que proviene de la dieta y la interna (endógena) que produce el propio organismo.

- a) Endógena – el colesterol es producido por nuestro propio cuerpo, principalmente por el hígado.
- b) Exógena – el colesterol también puede ser adquirido a través de los alimentos.

Debido a que el organismo puede producir su propio colesterol, existe la posibilidad que personas que no consuman exceso de colesterol, tengan niveles sanguíneos elevados por tener algún desorden genético-metabólico que conlleva a dicha elevación.

Los alimentos derivados de animales son ricos en colesterol especialmente huevos, lácteos y las carnes. El organismo absorbe aproximadamente la mitad del colesterol contenido en la dieta. Los esteroides vegetales son escasamente absorbidos por el organismo.

El hígado es el principal órgano productor de colesterol (10 % del total), siendo otros órganos importantes en la producción como el intestino, corteza suprarrenal, testículos y ovarios. La síntesis del colesterol se halla regulada sobre todo por la ingesta de colesterol en la dieta.

El colesterol es insoluble en los medios acuosos, por ser una grasa es poco soluble en agua, por lo que si se transportara libre por la sangre sería en forma de gotas de colesterol y se vería en nuestra sangre como gotas de grasa por lo que se transporta en las lipoproteínas, constituidas por una parte lipídica o acuosa y otra proteica.

Una parte importante del colesterol de nuestro organismo se produce en el hígado. El resto es aportado a través de la dieta y del colesterol presente en la bilis, parte del cual se vuelve a absorber en el intestino.

Existen dos tipos diferentes de lipoproteínas que transportan el colesterol en la sangre: El LDL (colesterol malo) y el HDL (colesterol bueno), (Sandra Ketcham, 2015).

### **2.7.3 COLESTEROL "BUENO Y COLESTEROL "MALO".-**

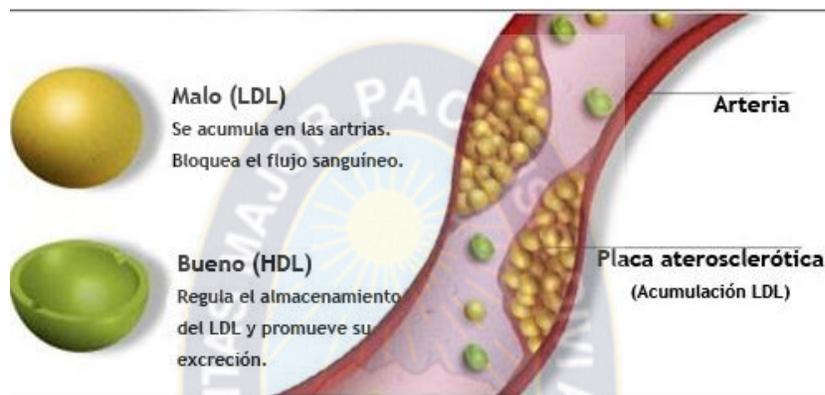
#### **2.7.4 LDL.-**

Lipoproteínas de baja densidad o LDL, que también se conocen como colesterol “malo”, son las lipoproteínas encargadas de transportar el colesterol a los tejidos para su utilización, (incluyendo las arterias) lleva el colesterol del hígado al resto del organismo.

La mayor parte del colesterol en sangre es colesterol LDL (c-LDL). Cuanto mayor sea el nivel de colesterol LDL en sangre, mayor es el riesgo de enfermedad cardiovascular.

Las lipoproteínas son sustancias mediante las cuales las grasas como el colesterol, ésteres de colesterol, los triglicéridos y fosfolípidos son transportados a través de la sangre (Angels, 2016).

**Figura 6: LDL VS HDL**



Fuente: (Susana, 2016)

### 2.7.5 HDL.-

Al colesterol asociado a la lipoproteína HDL se le denomina HDL-colesterol, y se le conoce como "colesterol bueno" ya que su principal función es recoger el colesterol de los tejidos, y llevarlo al hígado para su eliminación a través de la bilis.

Un nivel bajo de colesterol HDL (c-HDL) aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular.

El aumento del LDL-colesterol a nivel sanguíneo lleva a un conjunto de procesos que desembocan en la formación de placas de grasa en las paredes de los vasos sanguíneos, conocidos como ateromas.

Estas placas reducen la luz de las arterias y venas, y si una de estas placas se desprende puede producir un infarto agudo al miocardio o en el cerebro un derrame o accidente vascular cerebral (Angels, 2016).

## **2.7.6 CAUSA Y RIESGO DEL COLESTEROL ELEVADO.-**

Son varias las causas que pueden elevar los niveles de colesterol. Algunas de ellas no se pueden modificar, pero la mayoría sí pueden cambiarse.

Es importante saber que las grasas saturadas dentro de su dieta son las que más suben los niveles de su c-LDL. Dietas con demasiada grasa saturada, ácidos grasos “trans” y colesterol son la principal causa de aumento de colesterol en sangre. Y contribuyen de manera determinante en el elevado número de infartos de miocardio (Alvares, 2016).

### **2.7.6.1 CAUSAS QUE NO SE PUEDEN CAMBIAR.-**

- Herencia. La cantidad de colesterol LDL que fabrica su cuerpo y la rapidez con que se elimina viene determinada en parte por los genes. El colesterol elevado puede afectar a familias enteras. Sin embargo, existen medidas para bajarlo.
- Edad y sexo. El colesterol empieza a elevarse hacia los 20 años y continúa subiendo hasta los 60 o 65 años. El colesterol en los hombres tiende a ser más alto antes de los 50 años que el de las mujeres con esa misma edad. Pero después de los 50 ocurre lo contrario. Los niveles de colesterol LDL en las mujeres tienden a subir con la menopausia (Alvares, 2016).

### **2.7.6.2. CAUSAS QUE SE PUEDEN CAMBIAR.-**

- Dieta. Tres nutrientes de la dieta pueden elevar los niveles de colesterol LDL:
- Grasa saturada, un tipo de grasa que se encuentra en los alimentos de origen animal y en algunos aceites vegetales como el de palma, palmiste y coco.
- Ácidos grasos “trans”, se encuentran principalmente en alimentos elaborados con aceites y grasas hidrogenadas, como bollería industrial, snacks, galletas, palomitas de microondas, helados y patatas fritas de sobre.
- Colesterol, que procede solamente de productos de origen animal.
- Sobrepeso. El exceso de peso tiende a aumentar su colesterol LDL. También aumenta los

triglicéridos y baja el colesterol HDL. Perdiendo algunos kilos cuando hay sobrepeso ayudamos a bajar el colesterol LDL y los triglicéridos, y al mismo tiempo subimos el colesterol HDL (Alvares, 2016).

### **2.7.7 CONSECUENCIAS DEL COLESTEROL ELEVADO.-**

El riesgo en el aumento en las cifras de colesterol en sangre y su depósito en las arterias origina la enfermedad aterosclerótica cardiovascular que es la principal causa de mortalidad. La enfermedad aterosclerótica incluye la enfermedad coronaria (angina e infarto de miocardio), cerebrovascular (infarto cerebral o ictus) y la enfermedad arterial periférica (claudicación o dolor en las piernas). El colesterol elevado es uno de los principales factores de riesgo cardiovascular, junto con el tabaco, la hipertensión arterial y la diabetes mellitus, también puede ser causa de enfermedad cardiovascular el aumento de los triglicéridos (María del Pilar Cancela).

### **2.7.8. CAUSA Y RIESGO DEL COLESTEROL BAJO.-**

Las personas que tienen el colesterol bajo también suelen tener el colesterol bueno muy bajo con lo que presentan un riesgo cardiovascular muy alto (María del Pilar Cancela).

#### **2.7.8.1. CAUSAS DEL COLESTEROL TOTAL Y COLESTEROL LDL BAJO.-**

- Hipertiroidismo.
- Patologías hepáticas.
- Enfermedades de malabsorción.
- Enfermedad Celíaca.
- Enfermedades genéticas.
- Deficiencia de manganeso.
- Enfermedades hematológicas.
- Alimentación insuficiente.

### **2.7.8.2. CONSECUENCIAS DEL COLESTEROL BAJO.-**

- Por otra parte las consecuencias del colesterol HDL muy bajo, están relacionadas con el riesgo de producirse aterosclerosis y una posible reducción del flujo de sangre a diferentes tejidos.
- En cambio las consecuencia de tener el colesterol total y LDL o malo muy bajo, se relacionan con la presencia de estados depresivos, problemas circulatorios (hemorragias) y enfermedades respiratorias.
- Se tiene el doble de probabilidades de sufrir una hemorragia cerebral (María del Pilar Cancela).

### **2.8 ESTUDIO SOBRE EL COLESTEROL POR LA OMS (Rt, 2012).-**

El estudio más amplio realizado hasta ahora al respecto -en una muestra representativa de 147 millones de personas- indica que la mayoría de quienes padecen hipercolesterolemia no están recibiendo el tratamiento que necesitan para reducir su riesgo de problemas cardiovasculares, como infartos de miocardio y ataques apopléticos.

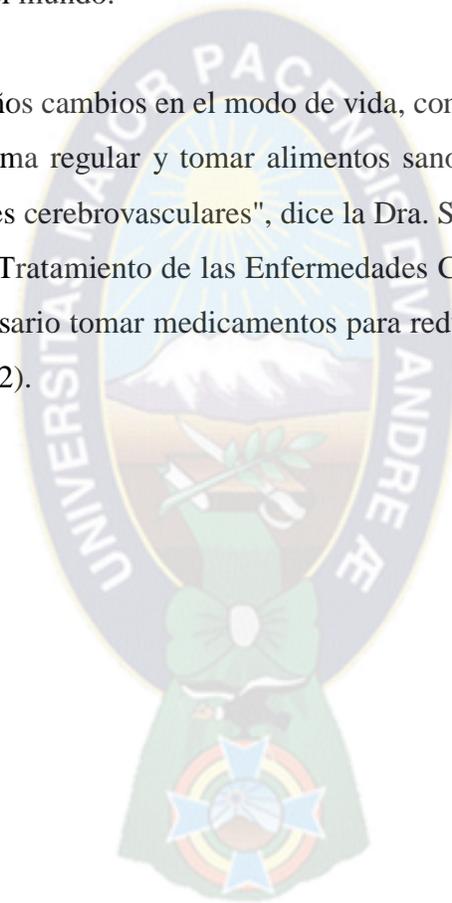
Muchas de esas personas de Alemania, Escocia, los Estados Unidos de América, Inglaterra, el Japón, Jordania, México y Tailandia ignoran que necesitan tratamiento, un tratamiento de fácil acceso en forma de medicamentos de bajo costo.

Este estudio, publicado hoy en el Boletín de la Organización Mundial de la Salud, revista internacional de salud pública, es el primero que muestra la magnitud de la brecha de tratamiento de la hipercolesterolemia, un factor de riesgo común de la mortalidad cardiovascular precoz. En Tailandia, por ejemplo, el 78% de los adultos afectados no habían sido diagnosticados, mientras que en el Japón un 53% de los adultos afectados habían sido diagnosticados pero no seguían ningún tratamiento.

"Los medicamentos que reducen el colesterol están ampliamente disponibles, son muy eficaces y pueden contribuir de forma crucial a reducir la morbilidad cardiovascular en todo el mundo", dice uno de los autores del estudio, el Dr. Gregory A. Roth, del Institute for Health Metrics and Evaluation de los Estados Unidos de América. "A pesar de eso, la cobertura de medicación eficaz contra el colesterol elevado sigue siendo decepcionantemente baja."

Las enfermedades cardiovasculares son las más mortíferas, pues se cobran más de 17 millones de vidas cada año en todo el mundo.

"La introducción de pequeños cambios en el modo de vida, como renunciar al tabaco, practicar una actividad física de forma regular y tomar alimentos sanos, puede ayudar a prevenir las cardiopatías y los accidentes cerebrovasculares", dice la Dra. Shanthi Mendis, coordinadora de la unidad de Prevención y Tratamiento de las Enfermedades Crónicas de la OMS. "Cuando el riesgo es muy alto, es necesario tomar medicamentos para reducir el colesterol sanguíneo y la tensión arterial"(OMS, 2012).



## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLOGICO**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN.-**

Para llevar a cabo la implementación de un sistema experto es necesario contar con un equipo de trabajo, varios métodos auxiliares para el desarrollo y finalmente la construcción de un prototipo. El equipo de desarrollo está compuesto por un grupo o por un equipo de personas entre las cuales se encuentra el experto, el ingeniero de conocimiento y el paciente.

No solo es necesario contar con el conocimiento del experto sino estructurarlo siguiendo una metodología para desarrollo de sistemas expertos que nos permite crear un sistema capaz de inferir sobre los hechos y por su propio medio en base a un motor de inferencia, aplicar el conocimiento dado como si fuera el propio experto.

Sin una metodología difícilmente se lograra con éxito la construcción de un sistema experto. Las metodologías para el desarrollo de sistemas expertos son herramientas, utilizadas por el Ingeniero de Conocimiento, que le dan pautas de cómo desarrollar un sistema experto, guían la construcción, permiten una correcta documentación, permiten detectar problemas durante el desarrollo y corregirlos a tiempo, evitando de esta manera errores posteriores.

#### **3.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA BUCHANAN**

A continuación se procede a aplicar la metodología de Buchanan para el desarrollo del Sistema Experto cumpliendo las siguientes fases (Ver figura 7).

**Figura 7: Faces de Buchanan**



**Fuente: (Elaboración propia)**

### 3.2.1. PRIMERA FASE: IDENTIFICACION

En Esta fase se identifican a todas las personas involucradas en el desarrollo de este sistema experto, el cual está compuesto por el experto medico endocrinólogo, el ingeniero de conocimiento y el paciente (usuario).

- El experto endocrinólogo, es el encargado de poner todo su conocimiento especializado en la atención de pacientes con colesterol alto o bajo.
- El ingeniero de conocimiento se encarga de estructurar el conocimiento, plantea las preguntas a responder por el experto, formaliza el conocimiento y es el encargado de implementarlas en la base de conocimientos.
- El paciente o usuario se encarga de aportar ideas al sistema, ejemplificando el escenario en que deberá ser aplicado el sistema experto.
- No se debe dejar de lado el objetivo que es desarrollar un prototipo del sistema experto para el diagnóstico del colesterol basado en Lógica Difusa que permita determinar el grado de colesterol que presenta un determinado paciente.

El desarrollo de un sistema experto se basa en la construcción de la Base de conocimiento (almacenamiento de conocimiento en forma de hechos y reglas), el diseño del motor de

inferencia (inferencia de nuevos conocimientos, a partir de conocimientos existentes) y la aplicación de lógica difusa para tratar los datos que en este caso presentan incertidumbre.

### **3.2.2. SEGUNDA FACE: CONCEPTUALIZACION.-**

La conceptualización conlleva un proceso de estructuración de los conocimientos adquiridos con el experto endocrinólogo, durante la conceptualización se establece que conocimiento maneja el experto, como los utiliza, donde los emplea y cuando los usa.

El médico endocrinólogo ofreció información respecto a Colesterol en el organismo humano, luego se procedió al análisis de los conceptos. Las conclusiones y definiciones más relevantes para el diagnóstico se basaron bajo los siguientes parámetros (Dr. Pilar, 2016):

#### **3.2.2.1. VALORES NORMALES.-**

##### **3.2.2.1.1 COLESTEROL TOTAL.-**

**Deseable:** menos de 200 mg/dL

**Límite alto:** 200 - 239 mg/dL

**Alto:** igual o mayor a 240 mg/dL

##### **3.2.2.1.2 LDL-COLESTEROL:**

**Opción terapéutica en pacientes de muy alto riesgo:** menos de 70 mg/dL

**Óptimo:** menos de 100 mg/dL

**Cercano al óptimo:** 100 - 129 md/dL

**Límite alto:** 130 - 159 md/dL

**Alto:** 160 - 189 mg/dL

**Muy alto:** igual o mayor a 190 mg/dL

### **3.2.2.1.3 HDL-COLESTEROL:**

**Bajo:** menos de 40 mg/dL

**Alto:** igual o mayor a 60 mg/dL

Evaluados los síntomas y revisado los resultados de análisis de laboratorio del paciente se determina si este padece de colesterol y de qué tipo.

### **3.2.2.3. FACTORES DE RIESGO CUANDO EL COLESTEROL ES ALTO.-**

Existen muchos factores que pueden aumentar el riesgo de padecer colesterol elevado. La buena noticia es que la mayoría son cosas que se pueden controlar. Son solo unos pocos los factores de riesgo del colesterol elevado que no pueden controlarse.

#### **3.2.2.3.1. SEXO Y EDAD.-**

Los hombres y las mujeres posmenopáusicas corren mayor riesgo de tener colesterol elevado. La hormona femenina denominada estrógeno parece ofrecer protección contra el colesterol. Por tal motivo, desde la pubertad hasta la menopausia, las mujeres generalmente tienen niveles más elevados de colesterol bueno (colesterol de las HDL) y niveles más bajos de colesterol malo (colesterol de las LDL) que los hombres. Sin embargo, después de la menopausia, las mujeres tienden a tener niveles de colesterol de las LDL más elevados que los hombres.

#### **3.2.2.3.2. ANTECEDENTES FAMILIARES.-**

Tener antecedentes familiares de colesterol elevado también puede representar un riesgo. En la mayoría de los casos, esto se debe a los hábitos alimentarios compartidos y la falta de actividad física. Para revertir el riesgo, puede adoptar un estilo de vida saludable para el corazón. Sin embargo, si el colesterol elevado se debe a genes heredados, una persona podría nacer con niveles elevados de colesterol de las LDL y deberá consultar a un médico para controlarlo.

### **3.2.2.3.3. RÉGIMEN ALIMENTARIO.-**

Un régimen alimentario con alto contenido de calorías provenientes de grasas saturadas, grasas trans y azúcar puede elevar los niveles de colesterol de las LDL y triglicéridos y aumentar el riesgo general de padecer colesterol elevado.

### **3.2.2.3.4. OBESIDAD.-**

Un índice de masa corporal (IMC) superior a 30 aumenta el riesgo de padecer colesterol elevado. Bajar de peso, idealmente mediante un régimen alimentario saludable y actividad física, puede disminuirlo.

### **3.2.2.3.5. SEDENTARISMO.-**

La actividad física regular puede disminuir los niveles de colesterol de las LDL. Por el contrario, no realizar suficiente actividad física aumenta el riesgo de tener colesterol elevado.

### **3.2.2.3.6. TABAQUISMO.-**

Fumar daña las paredes arteriales y las hace más susceptibles a la acumulación de placa. También puede disminuir los niveles de colesterol bueno (colesterol de las HDL).

### **3.2.2.3.7. DIABETES.-**

Las personas diabéticas son más propensas a tener niveles bajos de colesterol bueno (colesterol de las HDL) y niveles elevados de colesterol malo (colesterol de las LDL). Al igual que el tabaquismo, los niveles elevados de azúcar en la sangre pueden dañar las paredes arteriales y, junto con el colesterol elevado, aumentar el riesgo de acumulación de placa. El colesterol elevado debido a la diabetes se denomina dislipidemia diabética.

#### 3.2.2.4. SINTOMAS Y SIGNOS MÁS IMPORTANTES.-

En realidad los signos de colesterol elevado están emparentados con los síntomas propios de una enfermedad vascular, ya que recordemos que una de las causas del origen de esta enfermedad es la concentración elevada de colesterol LDL -colesterol llamado malo producido por la dieta- en sangre. Te brindamos información sobre cuáles pueden ser los síntomas en la hipercolesterolemia.

- Agitación al moverse o hacer actividades físicas.
- Adormecimiento de las extremidades
- Hinchazón de extremidades
- Mareos
- Pérdida de equilibrio
- Visión borrosa
- Dolor en el pecho
- Agitación al caminar o realizar las actividades físicas diarias
- Cierta sensación de pesadez y dolor en la zona hepática y vesicular.
- Boca pastosa y seca, acompañada de una incómoda halitosis.
- Eructos, gases e indigestión después de comer.

Un signo muy característico que ayuda a identificar el colesterol alto es la presencia de pequeños bultos amarillentos alrededor de los ojos denominados xantomas (Dr. Pilar, 2016).

Toda esta sintomatología suele confundirse con trastornos de salud más comunes que pueden desaparecer de forma espontánea.

Sin embargo, al no comprobar si se trata de problemas de colesterol, muchas veces la afección avanza a grados más graves provocando daños muy difíciles o imposibles de reparar (Dr. Pilar, 2016).

### **3.2.2.5. TRATAMIENTO.-** Las estatinas:

Se utilizan varios tipos de medicamentos para tratar los niveles altos de colesterol. Su médico decidirá qué tipo de medicamentos es adecuado para usted. Es posible que le recete más de 1 de estos fármacos a la vez debido a que las combinaciones de estos medicamentos pueden ser más eficaces.

#### **3.2.2.5.1. LAS ESTATINAS.-** Las resinas:

Retrasan la producción de colesterol del cuerpo. Estos fármacos también eliminan la acumulación de colesterol de las arterias (vasos sanguíneos).

#### **3.2.2.5.2. LAS RESINAS.-**

Se unen a los ácidos biliares. Los ácidos biliares ayudan con la digestión y son fabricados por el hígado utilizando colesterol. Cuando las resinas se unen a los ácidos biliares, el cuerpo los elimina. Esto hace que el cuerpo utilice el exceso de colesterol para fabricar más ácidos biliares. Esto reduce el nivel de colesterol LDL.

#### **3.2.2.5.3. LOS INHIBIDORES DE LA ABSORCIÓN DEL COLESTEROL.-**

Ayudan a reducir el colesterol disminuyendo la cantidad que los intestinos absorben. Este tipo de medicamentos, a menudo, se da en combinación con una estatina.

#### **3.2.2.5.4. LOS FIBRATOS.-**

Ayudan a reducir el colesterol disminuyendo la cantidad de triglicéridos (grasa) en el cuerpo y aumentando el nivel de colesterol “bueno” (que también se llama HDL, o lipoproteína de alta densidad), (Dr. Pilar).

### **3.2.3. TERCERA FASE FORMALIZACION.-**

Realizada la conceptualización de los conocimientos, se procede a expresar dichos conocimientos de una manera formal. La etapa de formalización tiene como objetivo expresar los conocimientos sobre el problema y su resolución en estructuras que pueden ser utilizadas por una computadora.

Las distintas estructuras que permiten expresar formalmente los conocimientos de un dominio reciben el nombre de formalismos o técnicas de representación de conocimiento, con todos los conceptos relevantes e importantes vistos, estos tienen que ser formalizados para construir un prototipo de la base de conocimiento.

Existen formalismos que permiten representar fácilmente mecanismos de razonamiento, una de ellas es la representación declarativa que incluye el cálculo de predicados, las reglas de producción. Donde el conocimiento quede estructurado en fragmentos independientes unos de otros y que, por tanto, son fácilmente modificables, estos módulos de conocimiento se combinan mediante un mecanismo general de razonamiento y deducción (Dieter, 1988).

#### **3.2.3.1. BASE DE CONOCIMIENTO.-**

La base de conocimiento contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja.

#### **3.2.3.2. BASE DE HECHOS.-**

La Base de Hechos está constituida por el conocimiento concreto, el cual a su vez está constituido por los síntomas particulares que presenta cada paciente. Para que esto quede claro se tomara como ejemplo algunos razonamientos obtenidos del paciente.

**Tabla 3: Variables Lingüísticas de Entrada**

Nº	VARIABLE LINGÜÍSTICA	DESCRIPCION	RANGO
S1	NP	Nombre	Nombre del paciente
S2	SP	Sexo	Hombre , Mujer
S3	EP	Edad	Mayor a 20
S4	AMP	Agitación al moverse o hacer actividades físicas diarias	No tiene, leve, Moderado, Severo
S5	AEP	Adormecimiento de las extremidades	Si, No
S6	HEP	Hinchazón de extremidades	Si, No
S7	MP	Mareos	Si, No
S8	PEP	Pérdida de equilibrio	Si, No
S9	VBP	Visión borrosa	Si, No
S10	DPP	Dolor en el pecho	Si, No
S11	CSPP	Cierta sensación de pesadez y dolor en la zona hepática y vesicular	Leve, Moderado, Severo
S12	BPSP	Boca pastosa y seca, acompañada de una incómoda halitosis	Si, No
S13	EBAP	Eructos, gases e indigestión después de comer	Leve, Moderado, Severo
S14	PPBAP	Presencia de pequeños bultos amarillentos alrededor de los ojos	Si, No

**Fuente: (Elaboración propia)**

### 3.2.3.3. DISEÑO DE SALIDAS.-

Las salidas que el Sistema Experto emitirá está basado en respuestas a las preguntas que han sido introducidas, las mismas que serán tratadas con lógica difusa y luego introducidas a la red neuronal la cual dará el resultado final que esta descrito en la siguiente tabla:

**Tabla 4: Variables Lingüísticas de Salida**

Numero	Variables lingüísticas de salida
1	Colesterol normal
2	Colesterol un poco alto
3	Colesterol medio Alto
4	Colesterol Alto
5	Colesterol Muy alto

**Fuente: (Elaboración propia)**

### **3.2.3.4 REGLAS.-**

Es la forma más extendida de representación del conocimiento. Representan la forma de razonar. Tienen la forma Si <condición> Entonces <acción/conclusión>. Es importante el orden de ejecución de las reglas, por ello se les suele dotar de prioridades. Una regla que activa otra se denomina meta regla, y se suelen usar para desarrollar progresivamente el conocimiento del experto.

Una labor fundamental es la adquisición del conocimiento y su representación mediante alguna de las formas anteriores. Una de las técnicas más usadas son las entrevistas con los responsables del proceso, donde se consume la mayoría del tiempo. Además, se suelen usar las bases de datos existentes en el sistema, añadir simulación. También en entornos dinámicos como son los sistemas de producción, se adquiere conocimiento con el tiempo.

Las reglas nos permitirán representar el conocimiento del experto endocrinólogo.

**R1.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Femenino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Severo” AND Si EBAP es “Severo” AND Si AMP es “Severo” OR SI AMP es “Leve” OR SI AMP es “Moderado” **ENTONCES** “Tiene Colesterol Muy Alto”

**R2.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Femenino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Severo” AND Si EBAP es “Leve” OR Si EBAP es “Moderado” AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo”  
**ENTONCES** “Tiene Colesterol Alto”

**R3.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Femenino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Moderado” AND Si EBAP es “Moderado” OR Si EBAP es “Severo” AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo”  
**ENTONCES** “Tiene Colesterol Medio - Alto”

**R4.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Femenino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND (Si CSPP es “Moderado” AND Si EBAP es “Leve”) OR Si (CSPP es “Leve” AND Si EBAP es “Severo”) **ENTONCES** “Tiene Colesterol Medio Alto”

**R5.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Femenino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Leve” AND Si (EBAP es “Leve” OR Si EBAP es “Moderado”) AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo”  
**ENTONCES** “Tiene Colesterol Un Poco Alto”

**R6.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Masculino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Severo” AND Si EBAP es “Severo” AND Si AMP es “Severo” OR Si AMP es “Leve” OR Si AMP es “Moderado”  
**ENTONCES** “Tiene Colesterol Muy Alto”

**R7.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Masculino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Severo” AND Si EBAP es “Leve” OR Si EBAP es “Moderado” AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo”  
**ENTONCES** “Tiene Colesterol Alto”

**R8.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Masculino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Moderado” AND Si EBAP es “Moderado” OR Si EBAP es “Severo” AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo” **ENTONCES** “Tiene Colesterol Medio - Alto”

**R9.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Masculino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND (Si CSPP es “Moderado” AND Si EBAP es “Leve”) OR Si (CSPP es “Leve” AND Si EBAP es “Severo”) **ENTONCES** “Tiene Colesterol Medio Alto”

**R10.-** Si ED es mayor que 20 AND Si SEX es “Masculino” AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Leve” AND Si (EBAP es “Leve” OR Si EBAP es “Moderado” ) AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo” **ENTONCES** “Tiene Colesterol Un Poco Alto”

**R11.-** Si ED es menor que 20 AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Severo” AND Si EBAP es “Severo” AND Si AMP es “Severo” OR Si AMP es “Leve” OR Si AMP es “Moderado” **ENTONCES** “Tiene Colesterol Muy Alto”

**R12.-** Si ED es menor que 20 AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Severo” AND Si EBAP es “Leve” OR Si EBAP es “Moderado” AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo” **ENTONCES** “Tiene Colesterol Alto”

**R13.-** Si ED es menor que 20 AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Moderado” AND Si EBAP es “Moderado” OR Si EBAP es “Severo” AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo” **ENTONCES** “Tiene Colesterol Medio - Alto”

**R14.-** Si ED es menor que 20 AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND (Si CSPP es “Moderado” AND Si EBAP es “Leve”) OR Si (CSPP es “Leve” AND Si EBAP es “Severo”) ENTONCES “Tiene Colesterol Medio Alto”

**R15.-** Si ED es menor que 20 AND Si AEP es “Si” y Si HEP es “Si” AND Si MP es “Si” AND Si PEP es “Si” AND Si VBP es “Si” AND Si DPP es “Si” AND Si BPSP es “Si” AND Si CSPP es “Leve” AND Si (EBAP es “Leve” OR Si EBAP es “Moderado”) AND Si AMP es “LEVE” OR Si AMP es “Moderado” OR Si AMP es “Severo” **ENTONCES** “Tiene Colesterol Un Poco Alto”

**1.2.3.5. MOTOR DE INFERENCIA.-** Es la que controla la ejecución de la selección de reglas y hechos.

### **3.2.3.6. FUZZIFICACION.-**

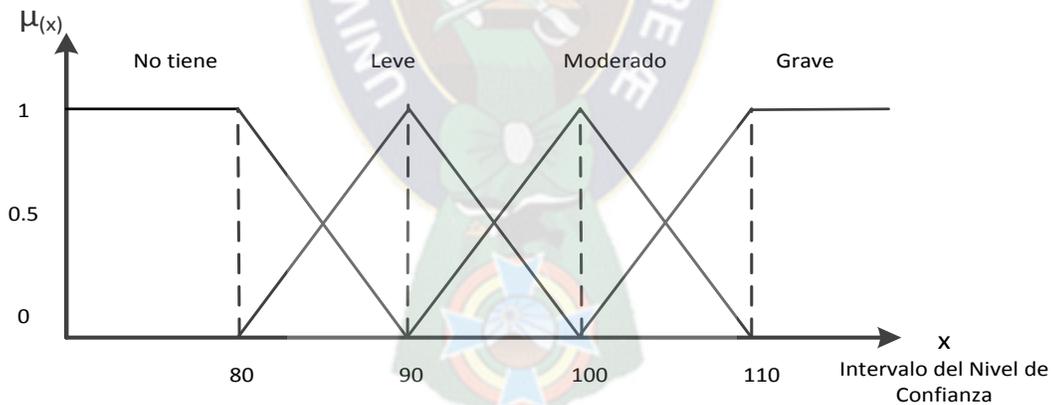
Proceso de Fuzzificación de las variables lingüísticas, solo para aquellas variables que tienen como posibles respuestas “Leve, Moderado, Severo”, “No tiene, leve, Moderado, Severo”, ya que necesitan ser evaluadas representadas por una función de pertenencia. Y no así aquellas respuestas “Falso o Verdadero”, que pertenecen a la lógica clásica.

Las variables lingüísticas que tienen varias respuestas y que pueden tener funciones de pertenencia son mencionadas a continuación.

## FUNCION DE PERTENENCIA - AMP

$No\ Tiene(x) =$	$0;$ $(90 - x) / (10);$ $1;$	$Si\ x \geq 90$ $Si\ 80 < x < 90$ $Si\ x \leq 80$
$Leve(x) =$	$0;$ $(x - 80) / (10);$ $(100 - x) / (10);$ $0;$	$Si\ x < 80$ $Si\ 80 \leq x < 90$ $Si\ 90 < x \leq 100$ $Si\ x > 110$
$Moderado(x) =$	$0;$ $(x - 90) / (10);$ $(110 - x) / (10);$ $0;$	$Si\ x < 90$ $Si\ 90 \leq x \leq 100$ $Si\ 100 < x \leq 110$ $Si\ x \geq 110$
$Grave(x) =$	$0;$ $(x - 100) / (10);$ $1;$	$Si\ x < 100$ $Si\ 100 \leq x < 110$ $Si\ x = 110$

**Figura 8: Conjuntos Difusos de la Variable AMP**



**Fuente: (Elaboración propia)**

Función de la variable AMP que indica la agitación al moverse o al hacer actividades físicas.

## FUNCION DE PERTENENCIA - CSPP

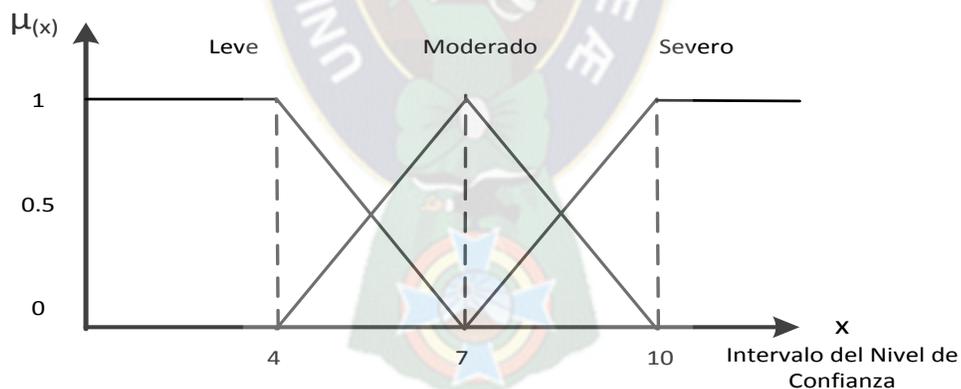
$$\text{No Tiene } (x) = \begin{cases} 0; & \text{Si } x \geq 90 \\ (90 - x) / (10); & \text{Si } 80 < x < 90 \\ 1; & \text{Si } x \leq 80 \end{cases}$$

$$\text{Leve } (x) = \begin{cases} 0; & \text{Si } x < 80 \\ (x - 80) / (10); & \text{Si } 80 \leq x < 90 \\ (100 - x) / (10); & \text{Si } 90 < x \leq 100 \\ 0; & \text{Si } x > 110 \end{cases}$$

$$\text{Moderado } (x) = \begin{cases} 0; & \text{Si } x < 90 \\ (x - 90) / (10); & \text{Si } 90 \leq x \leq 100 \\ (110 - x) / (10); & \text{Si } 100 < x \leq 110 \\ 0; & \text{Si } x \geq 110 \end{cases}$$

$$\text{Grave } (x) = \begin{cases} 0; & \text{Si } x < 100 \\ (x - 100) / (10); & \text{Si } 100 \leq x < 110 \\ 1; & \text{Si } x = 110 \end{cases}$$

**Figura 9: Conjuntos Difusos de la Variable CSPP**



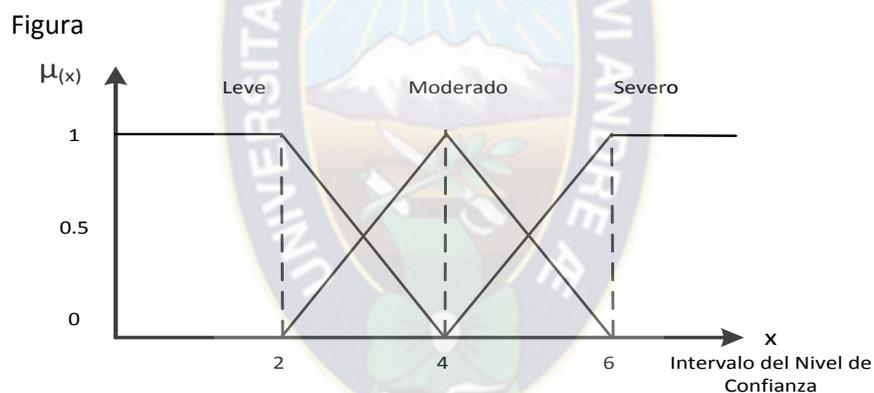
**Fuente: (Elaboración propia)**

Función de la variable CSPP que indica cierta sensación de pesadez y dolor en la zona hepática y vesicular

## FUNCION DE PERTENENCIA – EBAP

	$1;$	$Si\ x \leq 2$
$Leve\ (x)=$	$(4 - x) / (2);$	$Si\ 2 < x < 4$
	$0;$	$Si\ x \geq 4$
	$0;$	$Si\ x \leq 2$
	$(x - 2) / (2);$	$Si\ 2 \leq x < 4$
$Moderado\ (x)=$	$(6 - x) / (2);$	$Si\ 4 < x < 6$
	$0;$	$Si\ x \geq 6$
	$0;$	$Si\ x < 4$
$Grave\ (x)=$	$(x - 4) / (2);$	$Si\ 4 \leq x < 6$
	$1;$	$Si\ x = 6$

**Figura 10: Conjuntos Difusos de la Variable EBAP**



**Fuente: (Elaboración propia)**

Función de la variable EBAP que indica eructos, gases e indigestión después de comer.

### 3.2.4. CUARTA FACE: IMPLEMENTACIÓN.-

**Figura 11: ARBOL DE DECISION**



**Fuente: (Elaboración propia)**

Luego de haber obtenido la información y transformado en reglas, procedemos a realizar el prototipo del programa. Ese prototipo presenta un interfaz de usuario amigable, es decir de fácil manejo e entendible para el usuario final.

### 3.2.5. PROTOTIPO.-

A continuación mostraremos las pantallas del Sistema Experto para el Diagnóstico del Colesterol en los pacientes (SEPDCO). Empezaremos mostrando la pantalla principal del Sistema Experto y otras pantallas.

**Figura 12: Pantalla de Inicio SEPDCO**



**Fuente: (Elaboración propia)**

**Figura 13: Pantalla de Información SEPDCO**



**Fuente: (Elaboración propia)**

### 3.2.6. QUINTA FACE: PRUEBA.-

Luego de construir y programar el sistema experto SEPDCO, realizamos las diferentes pruebas de funcionamiento.

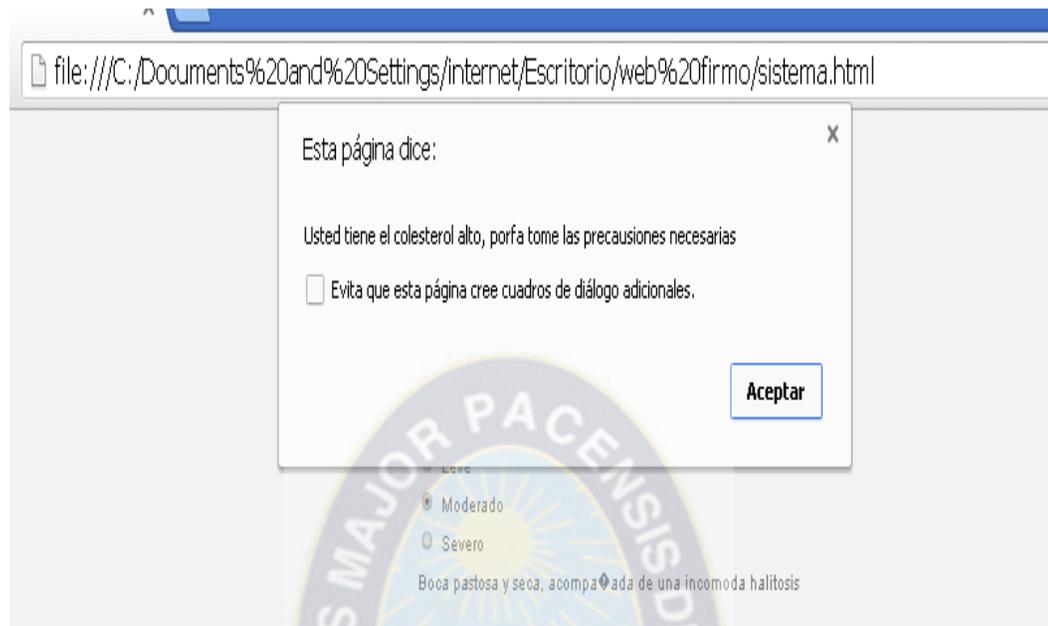
**Figura 14: Ingreso de datos del paciente**

The screenshot shows a web browser window displaying a patient data entry form. The browser's address bar shows the file path: `file:///C:/Documents%20and%20Settings/internet/Esritorio/web%20firmo/sistema.html`. The website header includes the logo 'Sudevia.com' and navigation links: Inicio, Información, Consecuencias, Sistema Experto, Acerca de, and Contactos. A prominent orange banner contains the text 'Evalua Tu Colesterol Quierete a ti Mismo'. The main content area is titled 'Sistema Experto' and features a 'Datos Personales' section with input fields for 'Nombre', 'Apellido', 'Sexo', and 'Edad'. Below this, there are several radio button options for medical conditions: 'Aptacion al deporte e hater actividades físicas duras' (with sub-options 'No tiene', 'Leve', 'Moderado', 'Severo'), 'Abdominismo de las artemidas', 'Hinchazon de artemidas', 'Mareos', and 'Perdida de equilibrio'. On the left side, there are sections for 'Observaciones' and 'Estandar de colesterol', each with a series of input fields. A large watermark of the 'UNIVERSITAS MAJUR PACENSIS DIVI ANDREAE' logo is overlaid on the page.

**Fuente: (Elaboración propia)**



**Figura 16: Resultado de Prueba del Sistema Experto**



**Fuente: (Elaboración propia)**

### **3.2.7. SEXTA FACE: REVISION DEL PROTOTIPO.-**

En esta fase según la Metodología de Buchanan la revisión se debe hacer en el proceso de la realización del prototipo del Sistema Experto, consecuentemente es que durante el proceso de construcción del sistema experto, modificamos, pulimos cada etapa de desarrollo de SEPDCO, para obtener de este un resultado confiable.

## CAPÍTULO IV

### EVALUACION DE RESULTADOS

Realizaremos la evaluación respectiva de la hipótesis planteada al inicio de esta tesis, la cual es una herramienta para diagnosticar si se padece de colesterol en el organismo. La hipótesis planteada es:

**H<sub>0</sub>:** “El uso de Lógica Difusa permitirá que el Sistema Experto diagnostique el colesterol con una confiabilidad del 95 %.”

Respectivamente se plantea la hipótesis nula:

**H<sub>1</sub>:** “El uso de Lógica Difusa no permitirá que el Sistema Experto diagnostique el colesterol con una confiabilidad fuera del 95 %.”

La demostración de la hipótesis se realiza iniciando con el denominado contraste de Rachas de Wald – Wolfowitz. Lo aplicamos al problema investigado, porque utilizamos muestras. A continuación describimos el método de Rachas de Wald –Wolfowitz.

#### **4.1. CONTRASTE DE RACHAS DE WALD –WOLFOWITZ.-**

Supongamos una población cuya función de distribución es conocida y sea  $X$  la variable aleatoria asociada a esa población, la cual solo puede tomar dos posibles valores, como por ejemplo, éxito (A) y fracaso (B) o bien sexo femenino (F) y masculino (M), etc.

Consideramos una muestra de tamaño  $n$  con el fin de plantear el siguiente contraste de aleatoriedad.

$H_0$  La muestra es aleatoria.

$H_1$  La muestra es no aleatoria.

En general, sea una muestra de tamaño  $n$  en la que han aparecido  $n_1$  elementos de tipo A y  $n_2$  elementos de tipo B, siendo  $n_1 + n_2 = n$  sea la variable aleatoria.

R: Número total de rachas de la muestra.

Para muestras grandes y bajo la hipótesis  $H_0$ , es decir, para muestras aleatorias la distribución de probabilidad de R tiende hacia la normal, a medida que  $n_1$  y  $n_2$  se van haciendo grandes. Esta aproximación es buena si  $n_1 > 10$  y  $n_2 > 10$ ; de tal manera que:

$$R = N(E[R], \text{Raíz}(\text{Var}[R]))$$

$$\text{Siendo que: } E[R] = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}$$

Por consiguiente para muestras grandes se verifica:

$$Z = \frac{[R - E[R]]}{(\text{Raíz}(\text{Var}[R]))} + 1$$

Para muestra concreta el valor estadístico será:

$$Z_{\text{exp}} = \frac{[R - (2n_1n_2 + 1)]}{[\text{Raíz}(2n_1n_2(2n_1n_2 - n))]} / [n^2(n-1)]$$

Donde R es el número total de rachas observadas de la muestra.

La región de aceptación de la hipótesis nula será:

$$-Z_{\alpha/2} < Z_{\text{exp}} < Z_{\alpha/2}$$

El valor de  $Z_{\alpha/2}$  se obtiene en la tabla de la Normal  $N(0,1)$ , de manera que se obtiene:

$$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \alpha/2$$

## 4.2. DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPOTESIS.-

### Paso 1: planteamiento de la nula.

$H_1$ : “El uso de Lógica Difusa no permitirá que el Sistema Experto diagnostique el colesterol con una confiabilidad fuera del 95 %.”

### Paso 2: Selección del nivel de confianza.

$$\text{Nivel de confianza} = (1 - \alpha) * 100 \% = 0.95 \%$$

El nivel de confianza o significación que se elige es el 95%, reemplazando en la formula anterior se obtiene que  $\alpha = 0.05$  elegida en la Tabla Normal.

### Paso 3: Identificación del estadístico de prueba.

La prueba de Rachas o Wald Wolfowitz utiliza los signos de los residuos y variaciones de negativos y positivos o viceversa. Una racha vendrá por los signos iguales.

### Paso 4: Formulación de la regla de decisión.

Las técnicas estadísticas de estimación de parámetros, intervalos de confianza y prueba de hipótesis son, en conjunto, denominadas ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA y son aplicadas básicamente a variables continuas. Estas técnicas se basan en especificar una forma de distribución de la variable aleatoria y de los estadísticos derivados de los datos. En ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA se asume que la población de la cual la muestra es extraída es NORMAL o aproximadamente normal. Esta propiedad es necesaria para que la prueba de hipótesis sea válida. Sin embargo, en un gran número de casos no se puede determinar la distribución original ni la distribución de los estadísticos por lo que en realidad no tenemos parámetros a estimar. Tenemos solo distribuciones que comparar. Esto se llama ESTADÍSTICA NO PARAMÉTRICA, esto nos permite tomar una muestra arbitraria menor que 30 desconociendo la distribución de la población.

Como se desconoce la distribución de la población para prueba tomamos una muestra pequeña de tamaño N=17, el cual se considera una muestra pequeña (<30).

**Tabla 5.**  
**Comparación de Diagnostico Sistema Experto Vs Diagnostico Real**

N°	Sexo	Edad	Diagnóstico del Experto Humano	Diagnóstico del Sistema Experto	Aceptación de Rachas
1	Mujer	50 años	Colesterol un poco alto	Probabilidad de tener colesterol un poco alto	+
2	Mujer	29 años	Colesterol un poco alto	Probabilidad de Colesterol un poco alto	+
3	Varón	18 años	Colesterol medio Alto	No determinado	-
4	Mujer	25 años	Colesterol Alto	No determinado	-
5	Varón	20 años	Colesterol normal	Probabilidad de Colesterol normal	+
6	Mujer	44 años	Colesterol medio Alto	No determinado	-
7	Mujer	34 años	Colesterol normal	Colesterol Normal	+
8	Mujer	30 años		Probabilidad de	+
9	Varón	40 años	Colesterol normal	Probabilidad de Colesterol normal	+
10	Varón	60 Años	Colesterol un poco alto	Probabilidad de Colesterol un poco alto	+
11	Varón	56	Colesterol un poco Alto	Colesterol un poco Alto	+
12	Varón	68	Colesterol Alto	Colesterol Alto	+
13	Varón	27	Colesterol Normal	Colesterol Normal	+
14	Mujer	59	Colesterol muy Alto	Colesterol muy Alto	+
15	Mujer	38	Colesterol Normal	Colesterol Normal	+
16	Varón	48	Colesterol medio Alto	Colesterol medio Alto	+
17	Mujer	24	Colesterol Normal	Colesterol Normal	+

**Fuente: (Elaboración propia)**

Comparación de resultados respecto de las Rachas:

Total Rachas Expuestas	$R_{exp} = 7$
Número Total de Observaciones	$N = 17$
Numero de Residuos positivos ( + )	$n_1 = 14$
Numero de Residuos Negativos ( - )	$n_2 = 3$

Reemplazamos los datos anteriores en las ecuaciones correspondientes.

**Esperanza:**

$$E [R] = [(2n_1n_2) / (n_1 + n_2)] + 1$$

$$E [R] = [(2*14*3) / (14 + 3)] + 1 = 5.94$$

**Varianza:**

$$\text{Var} [R] = [(2n_1n_2) * (2n_1n_2 - n_1 - n_2)] / (n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)$$

$$\text{Var} [R] = [(2*14*3)*\{(82*14*3)-14-3\}] / [(14+3)^2(14+3-1)] = 5682 / 4624 = 1.23$$

**Paso 5:** Toma de decisión

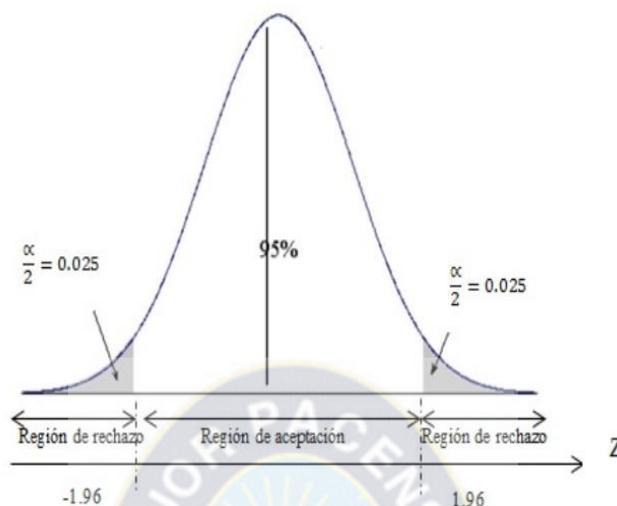
Reemplazamos los valores anteriores en el valor estadístico y obtenemos:

$$Z = [R - E(R)] / [\text{Raíz} (\text{Var} [R])] + 1$$

$$Z = \{(7 - 5.94) / [\text{Raíz} (1.23)]\} + 1 = 1.95$$

De donde se puede observar en la curva normal la región de aceptación y rechazo:

**Figura 17: Curva Normal**



**Fuente: (Mitak, 2009)**

Calcularemos la región de aceptación de la hipótesis, hallaremos  $Z_{\alpha/2}$ , el cual obtenemos de la Tabla Normal  $N(0,1)$ , de manera que cumpla:

$$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \alpha/2$$

Por lo tanto, la región de aceptación de la hipótesis nula es:

$$-Z_{\alpha/2} < Z_{\text{exp}} < Z_{\alpha/2}$$

Reemplazando y realizando operaciones se obtiene los siguientes resultados:

$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = \alpha/2$ $1 - P(Z_1 \leq Z_{\alpha/2}) = \alpha/2$ $P(Z_1 \leq Z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha/2$ $P(Z_1 \leq Z_{\alpha/2}) = 1 - 0.025$ $P(Z_1 \leq Z_{\alpha/2}) = 0.975$ $Z_{\alpha/2} = 1.96$	$P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \alpha/2$ $(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = 0.025$ $Z_{\alpha/2} = 1.96$
---	---

Por lo tanto la región de aceptación para la hipótesis nula es (Ver figura 17):

$$-1.96 < 1.95 < 1.96$$

Donde podemos observar que el valor  $Z_{\alpha/2} = 1.95$  cae dentro del intervalo de aceptación de la hipótesis, por lo que se puede afirmar que la tesis es un trabajo valido y que los datos de muestra son aleatorios.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSION.-**

El Sistema Experto SEPDCO desarrollado e implementado en la presente tesis, tiene la función de detectar y diagnosticar si se padece de Colesterol y ofrecer información al usuario sobre el tema.

La formalización de la base de conocimientos y sus posteriores reglas, conserva el conocimiento del experto en el área.

Se ha desarrollado el Sistema Experto Vía Web, con el objetivo de que sea fácil acceder a esta herramienta a todas las personas que así lo deseen y no se vean limitadas por la falta de un dispositivo tecnológico específico.

El Sistema Experto SEPDCO cuenta con una interfaz gráfica amigable y de fácil manejo para facilitar el uso del Sistema Experto al usuario final.

#### **5.2 RECOMENDACIONES.-**

Para la demostración de la fiabilidad del Sistema Experto, solo se han tomado 10 casos estudio, pero es recomendable considerar más casos con el fin de garantizar la confiabilidad del Sistema Experto.

El Sistema Experto SEPDCO solo es funcional para personas comprendida con una edad mayor de 20 años, ya que es desde esa edad que comienza a presentarse el colesterol.

Se sugiere la realización de otros diagnósticos médicos en base a los factores de riesgo, ya que se puede prevenir desde antes cualquier tipo de complicación.

Se recomienda actualizar la base de conocimiento, con regularidad. Según nuevos estudios anuales respecto a esta problemática.

Se recomienda dar a conocer esta herramienta a al público en general.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### LIBROS.-

1. Velásquez, López Luisa, 2008, “Apuntes Sistemas Expertos”, carrera de Informática – Universidad Mayor de San Andrés, 2011.
2. Sell, Peter, 1992, “Sistemas Expertos para Principiantes”, 1ra Edición, Grupo Noriega Editores, México, 2011.
3. Moya C. Rufino y Saravia A. Gregorio, 2004, “”Probabilidad e Inferencia Estadística” 2da Edición, Perú.
4. Miranda, Alejandro, 1997, “Tratado de Anestesiología y Reanimación en Obstetricia”, Masson S.A., España, 2012
5. Choque, Aspiazu Guillermo, 2002, “Inteligencia Artificial”, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia, 2011.

### TESIS.-

1. Sistema Experto para el diagnóstico de Diabetes, este trabajo está desarrollado con el objetivo de brindar un apoyo a profesionales en salud y a personas particulares, permitiendo realizar el diagnóstico de la Diabetes Mellitus de tipo 1 y de tipo 2. Para su funcionamiento utiliza la combinación de la Lógica Difusa y redes neuronales (Ríos, 2004).
2. Sistema Experto para Identificar Restos Humanos, Causas De Muerte y Posibles traumas Aplicado a la antropología Forense. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas para obtener el título en Ingeniero en Ciencias y Sistemas (Benítez, 2008)

3. Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento del grado de severidad del acné, que almacene el conocimiento del experto dermatólogo, de modo que el servicio tenga mayor alcance poblacional(Gutiérrez, 2010)

4. Sistema Experto para el Diagnostico de Infecciones Respiratorias por Angelina Suxo Apaza en 2001, empleando aprendizaje automático mediante algoritmos genéticos (Sucho, 2001)

5. Sistema Experto de interpretación de anomalías en señales electromagnéticas basado en Lógica Difusa tiene como objetivo reconocer las anomalías en señales electrocardiográficas para dar una interpretación correcta que ayude al diagnóstico y tratamiento adecuado al paciente (Villaruel, 2011)

6. Intervenciones de enfermería en eclampsia – eclampsia en usuarias del servicio de Ginecología Obstetricia del Hospital General Ramón Ponce Álvarez. Escuela de Licenciatura en Enfermería. De la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, para obtener el título de Licenciatura en Enfermería (Alvarado, 2005)

#### **INTERNET.-**

1. <https://actualidad.rt.com/sociedad/view/100880-oms-causas-muerte-enfermedades>  
(Publicado: 24 jul 2013 00:51 GMT)

3. <http://www.monografias.com/trabajos6/lalo/lalo.shtml#ixzz4KKjYnLck>  
(Autor: Yuliana Corzo, 2016)

5. <http://www.sintomascolesterol.es/Estudio-de-la-OMS-Organizacion-Mundial-de-la-Salud-sobre-el-colesterol/6> –

Autor: Dra. Shanthi Mendis. Departamento de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud, España. (Publicado el 27 de Febrero de 2012)



---

**ANEXOS**

## ANEXO A

### GLOSARIO MEDICO

**Cardiología:** La cardiología es la rama de la medicina encargada del estudio, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades del corazón y del aparato circulatorio, es médica pero no quirúrgica, los especialistas en el abordaje quirúrgico del corazón son el cirujano cardiaco o el cirujano cardiovascular.

**Gastroenterología:** La gastroenterología es la especialidad médica que se ocupa de las enfermedades del aparato digestivo y órganos asociados, conformado por: esófago, estómago, hígado y vías biliares, páncreas, intestino delgado (duodeno, yeyuno, íleon), colon y recto. El médico que practica esta especialidad se llama gastroenterólogo o especialista en aparato digestivo.

**Endocrinología:** La endocrinología es una disciplina de la medicina que estudia el sistema endocrino y las enfermedades provocadas por un funcionamiento inadecuado del mismo. Algunas de las enfermedades de las que se ocupa la endocrinología son la diabetes mellitus provocada por deficiencia de insulina o resistencia a su acción, el hipotiroidismo por déficit en la producción de hormonas tiroideas, el hipertiroidismo por excesiva producción de hormonas tiroideas y la enfermedad de Cushing debida generalmente a excesiva producción de cortisol por las glándulas suprarrenales. El médico especialista en endocrinología se llama endocrinólogo, frecuentemente el endocrinólogo se ocupa también de las enfermedades relacionadas con la nutrición, en tal caso la especialidad se denomina endocrinología y nutrición.

**Geriatría:** La Geriatría es una especialidad médica dedicada al estudio de la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y la rehabilitación de las enfermedades en las personas de la tercera edad.

**Infectología:** La infectología es una subespecialidad de la medicina interna y de la pediatría que se encarga del estudio, la prevención, el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las enfermedades producidas por agentes infecciosos (bacterias, virus, hongos y parásitos).

**Medicina legal y forense:** La medicina forense, también llamada medicina legal, jurisprudencia médica o medicina judicial, es la rama de la medicina que aplica todos los conocimientos médicos y biológicos necesarios para la resolución de los problemas que plantea el derecho. El médico forense auxilia a jueces y tribunales en la administración de justicia, determinando el origen de las lesiones sufridas por un herido o la causa de la muerte mediante el examen de un cadáver. Estudia los aspectos médicos derivados de la práctica diaria de los tribunales de justicia, donde actúan como peritos. Se vincula estrechamente con el derecho médico. El médico especialista en el área recibe el nombre de médico legista o médico forense.

**Nefrología:** La nefrología es la especialidad médica rama de la medicina interna que se ocupa del estudio de la estructura y la función renal, tanto en la salud como en la enfermedad, incluyendo la prevención y tratamiento de las enfermedades renales.

**Neumología:** La neumología es la especialidad médica encargada del estudio de las enfermedades del aparato respiratorio y centra su campo de actuación en el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades del pulmón la pleura y el mediastino. El médico que ejerce esta especialidad es el neumólogo.

**Neurología:** La neurología es la especialidad médica que trata los trastornos del sistema nervioso. Específicamente se ocupa de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de todas las enfermedades que involucran al sistema nervioso central, sistema nervioso periférico y el sistema nervioso autónomo. Existen gran número de enfermedades neurológicas, las cuales pueden afectar el sistema nervioso central (cerebro y espina dorsal), el sistema nervioso periférico, o el sistema nervioso autónomo. Los médicos especializados en neurología se llaman neurólogos.

**Nutriología:** La nutriología es la especialidad médica que estudia la alimentación humana y su relación con los procesos químicos, biológicos y metabólicos, así como su relación con la composición corporal y estado de salud humana. Existen distintos modelos de nutriología, organizados en dos grandes grupos: nutriología convencional y nutriología alternativa. El término Nutriología, no se encuentra aceptado por la Real Academia Española, sino que es un término acuñado por un grupo de investigadores en Nutrición para darle mayor seriedad dentro del ámbito médico y ser aceptado por estos. La nutriología comprende el estudio de los alimentos, los nutrientes, su clasificación, digestión así como su asimilación, metabolismo y excreción. Establece la necesidad de los nutrientes y su requerimiento en situaciones especiales, así como su relación con la salud y la enfermedad.

**Oftalmología:** La oftalmología es la especialidad médica que estudia las enfermedades de ojo y su tratamiento, incluyendo el globo ocular, su musculatura, el sistema lagrimal y los párpados. Las personas dedicadas a la oftalmología se llaman oftalmólogos u oculistas.

**Urología:** La urología es la especialidad médico-quirúrgica que se ocupa del estudio, diagnóstico y tratamiento de las patologías que afectan al aparato urinario, glándulas suprarrenales y retroperitoneo de hombres y mujeres y el aparato reproductor masculino.

**Medicina General:** La medicina general constituye el primer nivel de atención médica. El médico general es un profesional capacitado para diagnosticar y manejar diferentes patologías comunes y derivar al especialista indicado cuando corresponda.

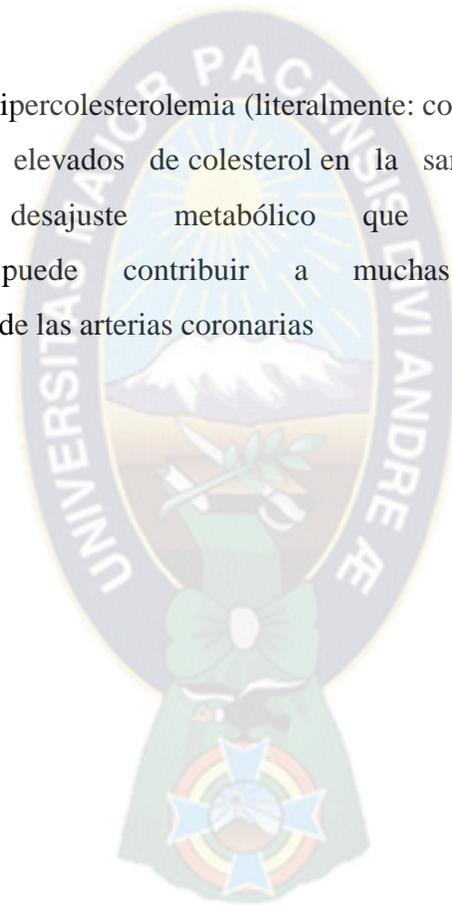
**Colesterol:** El **colesterol** es una sustancia grasa natural presente en todas las células del cuerpo humano necesaria para el normal funcionamiento del organismo. La mayor parte del colesterol se produce en el hígado, aunque también se obtiene a través de algunos alimentos.

**Colesterol bueno (HDL):** El colesterol HDL son las lipoproteínas de alta densidad (**colesterol bueno**) que realizan la función vital de la eliminación del exceso de colesterol, que es el colesterol malo (llamado LDL). Por lo tanto, evita los bloqueos en las arterias y transporta el exceso de colesterol al hígado para que pueda ser excretado.

**Colesterol el malo (LDL):** Es el responsable de trasladar el colesterol desde el hígado hasta las células de todo el organismo.

**Alimentos transgénicos:** Los alimentos transgénicos son aquellos que han sido producidos a partir de un organismo modificado mediante ingeniería genética y al que se le han incorporado genes de otro organismo para producir las características deseadas. En la actualidad tienen mayor presencia de alimentos procedentes de plantas transgénicas como el maíz o la soja.

**Hipercolesterolemia:** La hipercolesterolemia (literalmente: colesterol elevado de la sangre) es la presencia de niveles elevados de colesterol en la sangre. No puede considerarse una patología sino un desajuste metabólico que puede ser secundario a muchas enfermedades y puede contribuir a muchas formas de enfermedad, especialmente enfermedad de las arterias coronarias



## ANEXO B

### ROL DEL PROFESIONAL

#### Por Doctor Enrique López Gavilánez:

Un endocrinólogo es un médico especializado en las enfermedades de las hormonas, del metabolismo y en los problemas nutricionales.

Los endocrinólogos han sido entrenados para diagnosticar y tratar diferentes problemas, entre ellos:

- Metabólicos:
  - Diabetes
  - Hipercolesterolemia
  - Hipertrigliceridemia
  - Hipertensión
  - Osteoporosis
  - ...
- Hormonales y glandulares:
  - Enfermedades de la tiroides
  - Menopausia
  - Infertilidad
  - Baja estatura
  - Cáncer de las glándulas
  - ...
- Nutricionales:
  - Obesidad
  - Desnutrición
  - Soporte nutricional en situaciones de enfermedad (Ej. cirugía, cáncer, etc.)

Además de su tarea asistencial, los endocrinólogos también realizan investigaciones para comprender el funcionamiento del cuerpo humano y para entender mejor las enfermedades

que le afectan, además de buscar nuevos tratamientos. A base de las investigaciones, los endocrinólogos desarrollan nuevos medicamentos y tratamientos para los problemas hormonales, metabólicos y nutricionales.

La Endocrinología es un estudio complejo de las diversas hormonas y de sus acciones y desordenes en el cuerpo. Las Glándulas Endocrinas son los órganos que hacen las hormonas. Éstas son las sustancias que ayudan a controlar actividades en el cuerpo y tienen varios efectos sobre el metabolismo, la reproducción, la amortiguación y la utilización, el incremento y el nivelado Etc. de la comida.

Las Hormonas también controlan la manera que un organismo responde a sus alrededores y ayuda proporcionando a la energía adecuada para las diversas funciones.

Las glándulas endocrinas que componen el sistema endocrino para incluir el pineal, hipotálamo, pituitaria, tiroides, paratiroides, timo, glándulas suprarrenales, páncreas, ovarios y testículos.

