

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	pág.
1 GENERALIDADES .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.3.1 Identificación de la problemática .....	4
1.3.2 Identificación de la situación problemática .....	4
1.3.3 Identificación de las causas.....	5
1.3.4 Formulación del problema .....	5
1.3.5 Análisis causa efecto .....	5
1.4 OBJETIVOS .....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.4.3 Objetivos y acciones.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	9
1.5.1 Justificación técnica.....	9
1.5.2 Justificación operativa .....	10
1.5.3 Justificación económica.....	10
1.5.4 Justificación social .....	10
1.6 ALCANCES.....	11
1.6.1 Alcance temático .....	11
1.6.2 Alcance institucional .....	11
1.6.3 Alcance temporal .....	11

1.6.4	Alcance funcional.....	11
1.7	HIPÓTESIS .....	12
1.7.1	Variables.....	12
1.7.1.1	Variable Independiente .....	12
1.7.1.2	Variables dependientes .....	12
1.7.2	Definición conceptual.....	12
1.7.2.1	Variable Independiente .....	12
1.7.2.2	Variable dependiente.....	13
1.7.3	Operativización de variables.....	13
1.8	MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	14
2	MARCO TEÓRICO .....	15
2.1	SISTEMA EXPERTO .....	15
2.1.1	Características de un sistema experto.....	15
2.1.2	Componentes de un sistema experto .....	16
2.1.3	Equipo de desarrollo de un sistema experto.....	17
2.1.4	Campos de aplicación de los sistemas expertos .....	17
2.1.5	Tipos de sistemas expertos .....	18
2.1.5.1	Basados en reglas .....	18
2.1.5.2	Basados en redes bayesianas.....	19
2.1.5.3	Sistemas Expertos difusos .....	19
2.2	TÉCNICAS DE RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN.....	19
2.2.1	La entrevista .....	20
2.2.2	Cuestionarios.....	20
2.2.3	Observación .....	21
2.3	INGENIERÍA DE SOFTWARE .....	21

2.3.1	Lenguaje unificado de modelado .....	22
2.3.2	Lenguaje unificado de modelado versión 2.0. ....	22
2.3.2.1	Diagrama de casos de uso.....	24
2.3.2.2	Diagrama de Actividad.....	24
2.3.2.3	Diagrama de Secuencia .....	25
2.3.2.4	Diagrama de colaboración.....	26
2.3.3	Pruebas de software.....	26
2.3.3.1	Pruebas funcionales. ....	26
2.3.3.2	Pruebas de comunicaciones.....	27
2.3.3.3	Pruebas de rendimiento.....	27
2.3.3.4	Pruebas de facilidad de uso. ....	27
2.4	SISTEMA WEB .....	27
2.4.1	Tipos de aplicaciones web.....	28
2.4.2	Arquitectura de las aplicaciones web.....	29
2.4.3	Ventajas de las aplicaciones web .....	30
2.4.4	Tecnologías de desarrollo web.....	31
2.4.4.1	Css .....	31
2.4.4.2	Html .....	32
2.4.4.3	Json .....	32
2.4.4.4	Protocolo HTTP .....	32
2.4.4.5	Ajax.....	32
2.5	SISTEMAS DE GESTORES DE BASE DE DATOS.....	33
2.5.1	Mongo db.....	33
2.5.1.1	Ventajas.....	33
2.5.1.2	Desventajas.....	34

2.5.2	Cassandra .....	34
2.5.2.1	Ventajas.....	34
2.5.2.2	Desventajas.....	35
2.5.3	Redis .....	35
2.5.3.1	Ventajas.....	36
2.5.3.2	Desventajas.....	36
2.6	HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN .....	37
2.6.1	Lenguajes de programación .....	37
2.6.1.1	Python .....	37
2.6.1.2	R .....	38
2.6.1.3	Java .....	39
2.6.1.4	Lisp .....	40
2.6.1.5	Prolog .....	41
2.7	CLOUD COMPUTING.....	43
2.7.1	Google App Engine.....	43
2.7.1.1	Ventajas.....	44
2.7.1.2	Desventajas.....	45
2.7.2	Google Storage .....	45
2.7.2.1	Ventajas.....	45
2.7.2.2	Desventajas.....	46
2.8	PATRONES DE ARQUITECTURA .....	46
2.8.1	MVC.....	46
2.8.2	MVVM.....	47
2.8.3	MVP.....	47
2.9	METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS .....	48

2.9.1	Metodología de Buchanan.....	48
2.9.1.1	Características.....	48
2.9.1.2	Etapas de Buchanan .....	49
2.9.2	Metodología de Brulé.....	50
2.9.2.1	Etapas de Brulé .....	50
2.9.3	Metodología Javier Blanquet Y García Martínez .....	51
2.9.3.1	Etapas de Javier y García .....	51
2.10	REDES BAYESIANAS .....	52
2.10.1	Inferencia.....	57
2.10.2	Propagación en arboles.....	57
2.10.3	Propagación en redes multi conectadas.....	60
2.10.4	Clasificadores bayesianos .....	61
2.10.5	Clasificador bayesiano simple .....	62
2.10.6	Extensiones al clasificador bayesiano .....	63
2.10.7	Clasificadores bayesianos .....	64
2.10.7.1	Mejora estructural de un clasificador bayesiano .....	64
2.11	EL GLAUCOMA .....	66
2.11.1	Cómo funciona el ojo .....	67
2.11.2	Drenaje de ojo sano.....	67
2.11.2.1	El ojo con glaucoma .....	69
2.11.2.2	El disco óptico .....	69
2.11.2.3	Presión intraocular.....	69
2.11.3	Cómo se produce la pérdida de la visión.....	69
2.11.4	Síntomas .....	70
2.11.5	Tipos de glaucoma .....	71

2.11.5.1 Glaucoma de Ángulo Abierto .....	71
2.11.5.2 Glaucoma de Ángulo Cerrado .....	72
2.11.5.3 Otros tipos de glaucoma.....	73
2.11.6 Cómo Detectar el Glaucoma .....	77
2.11.6.1 Tonometría .....	77
2.11.6.2 Oftalmoscopía .....	78
2.11.6.3 Gonioscopía .....	79
2.11.6.4 Paquimetría .....	80
2.11.7 Tratamiento del Glaucoma .....	80
2.11.7.1 Medicamentos para el Glaucoma .....	80
2.11.7.2 Cirugía de Glaucoma.....	81
2.11.7.3 Cirugía Láser .....	82
3 MARCO PRACTICO.....	83
3.1 ADQUIRIR EL CONOCIMIENTO DEL EXPERTO OFTALMÓLOGO PARA LA ELABORACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO.....	83
3.1.1 Análisis de los procedimientos actuales .....	83
3.1.1.1 Etapas del glaucoma .....	83
3.1.1.2 Procedimiento para la detección de la enfermedad.....	84
3.1.1.3 Síntomas del glaucoma .....	86
3.1.1.4 Tratamiento del glaucoma .....	87
3.1.1.5 Modelado del proceso actual.....	95
3.1.1.6 Deficiencia de los procedimientos actuales.....	97
3.1.1.7 Análisis de requerimientos.....	97
3.1.2 Diseño de los procedimientos alternativos .....	98
3.1.2.1 Modelado de proceso propuesto .....	98

3.2	FORMALIZAR EL CONOCIMIENTO ADQUIRIDO DEL EXPERTO PARA DISEÑAR LA BASE DE HECHOS.....	101
3.2.1	Selección de la metodología de desarrollo de S.E. ....	101
3.2.2	Planificación de actividades.....	104
3.2.3	Modelado de las actividades .....	107
3.2.4	Selección del SGBD .....	107
3.2.5	Selección de los lenguajes de programación .....	108
3.2.6	Selección del patrón de arquitectura .....	110
3.2.7	Diseño de la Base de Hechos .....	112
3.2.7.1	Diagrama árbol de conocimiento .....	112
3.2.7.2	Modelar la estructura de la memoria de trabajo .....	113
3.3	Primera iteración .....	114
3.3.1	Módulo de Registro de usuarios .....	115
3.3.1.1	Primera etapa: Identificación .....	115
3.3.1.2	Identificar a los actores del modulo .....	115
3.3.1.3	Segunda etapa: Conceptualización .....	117
3.3.1.4	Tercera etapa: Formalización .....	119
3.3.1.5	Cuarta etapa: Testeo .....	122
3.3.2	Módulo de Ingresar al sistema.....	123
3.3.2.1	Primera etapa: Identificación .....	123
3.3.2.2	Segunda etapa: Conceptualización .....	124
3.3.2.3	Tercera etapa: Formalización .....	128
3.3.3	Módulo de Consulta médica .....	129
3.3.3.1	Primera etapa: Identificación .....	129
3.3.3.2	Segunda etapa: Conceptualización .....	131

3.3.3.3	Tercera etapa: Formalización .....	136
3.3.4	Módulo de base de hechos.....	137
3.3.4.1	Primera etapa: Identificación .....	137
3.3.4.2	Segunda etapa: Conceptualización .....	139
3.3.5	Módulo de base de conocimiento .....	140
3.3.5.1	Primera etapa: Identificación .....	140
3.3.5.2	Segunda etapa: Conceptualización .....	142
	Bibliografía .....	144

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
<b>TABLA 1</b> OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y ACCIONES .....	7
<b>TABLA 2</b> OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES:.....	13
<b>TABLA 3</b> VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGIA DE SISTEMAS EXPERTOS .....	102
<b>TABLA 4</b> PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – METODOLOGÍA BUCHANAN ...	104
<b>TABLA 5</b> VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS GESTORES DE BASE DE DATOS. ....	107
<b>TABLA 6</b> VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN. ....	109
<b>TABLA 7</b> VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PATRONES DE ARQUITECTURA .....	110
<b>TABLA 8</b> PRUEBAS DEL MODULO.....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
<b>FIGURA 1</b> MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	14
<b>FIGURA 2</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO .....	24
<b>FIGURA 3</b> DIAGRAMA DE ACTIVIDAD.....	25
<b>FIGURA 4</b> DIAGRAMA DE SECUENCIA.....	25
<b>FIGURA 5</b> DIAGRAMA DE COLABORACION.....	26
<b>FIGURA 6</b> ARQUITECTURA .....	29
<b>FIGURA 7</b> RED TIFOIDEA Y GRIPE.....	53
<b>FIGURA 8</b> RED TIFOIDEA, GRIPE Y MATRIZ DE PROBABILIDAD.....	55
<b>FIGURA 9</b> ÁRBOL Y POLI ÁRBOL .....	57
<b>FIGURA 10</b> ESTRUCTURA ÁRBOL Y POLI ÁRBOL.....	58
<b>FIGURA 11</b> TRANSFORMACIÓN DE UNA RED A UN ÁRBOL DE UNIONES .....	61
<b>FIGURA 12</b> CLASIFICADOR BAYESIANO SIMPLE .....	63
<b>FIGURA 13</b> EXTENSIONES AL CLASIFICADOR BAYESIANO SIMPLE .....	64
<b>FIGURA 14</b> MEJORA ESTRUCTURAL A UN CLASIFICADOR BAYESIANO SIMPLE .....	65
<b>FIGURA 15</b> FUNCIONAMIENTO DEL OJO.....	67
<b>FIGURA 16</b> DRENAGE SANO .....	68
<b>FIGURA 17</b> QUIENES PUEDEN TENER GLAUCOMA .....	70
<b>FIGURA 18</b> GLAUCOMA ANGULO ABIERTO .....	72
<b>FIGURA 19</b> GLAUCOMA ANGULO CERRADO .....	73
<b>FIGURA 20</b> GLAUCOMA TENSION NORMAL.....	75
<b>FIGURA 21</b> GLAUCOMA CONGENITO .....	75
<b>FIGURA 22</b> TONOMETRIA .....	78
<b>FIGURA 23</b> OFTALMOSCOPIA .....	79
<b>FIGURA 24</b> GONIOSCOPIA.....	80
<b>FIGURA 25</b> CIRUGIA LASER.....	82
<b>FIGURA 26</b> DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO ACTUAL.....	96

<b>FIGURA 27</b> DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO PROPUESTO (DESARROLLO) .....	99
<b>FIGURA 28</b> DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO PROPUESTO (MEDICO).....	100
<b>FIGURA 29</b> DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO PROPUESTO (SECRETARIO).....	101
<b>FIGURA 30</b> DIAGRAMA ARBOL DE CONOCIMIENTO .....	112
<b>FIGURA 31</b> DIAGRAMA CASO DE USO GENERAL DE LA ITERACIÓN.....	115
<b>FIGURA 32</b> DIAGRAMA CASO DE USO POR ACTOR.....	116
<b>FIGURA 33</b> DIAGRAMA CASO DE USO POR ACTOR.....	117
<b>FIGURA 34</b> DIAGRAMA DE COLABORACION.....	117
<b>FIGURA 35</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL SISTEMA.....	124
<b>FIGURA 36</b> DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ADMINISTRADOR .....	125
<b>FIGURA 37</b> DIAGRAMA DE COLABORACIÓN MEDICO.....	125
<b>FIGURA 38</b> DIAGRAMA DE COLABORACIÓN SECRETARIO.....	126
<b>FIGURA 39</b> DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ING. CONOCIMIENTO.....	127
<b>FIGURA 40</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL MODULO CONSULTA MEDICA .....	130
<b>FIGURA 41</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTOR MODULO CONSULTA MEDICA SECRETARIO .....	130
<b>FIGURA 42</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTOR MODULO CONSULTA MEDICA MEDICO .....	131
<b>FIGURA 43</b> DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO CONSULTA MEDICA ADMINISTRAR CITA .....	132
<b>FIGURA 44</b> DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO CONSULTA MEDICA CONSULTA MEDICA.....	135
<b>FIGURA 45</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL MODULO BASE DE HECHOS .....	138
<b>FIGURA 46</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTOR MODULO BASE DE HECHOS .....	138
<b>FIGURA 47</b> DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO BASE DE	

HECHOS ADMINISTRAR HECHOS.....	139
<b>FIGURA 48</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL MODULO BASE DE CONOCIMIENTOS .....	141
<b>FIGURA 49</b> DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTORES MODULO BASE DE CONOCIMIENTOS .....	141
<b>FIGURA 50</b> DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO BASE DE CONOCIMIENTOS ADMINISTRAR CONOCIMIENTO.....	142

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág
<b>ANEXO A:</b> ENTREVISTA AL OFTALMÓLOGO CIRUJANO.....	149
<b>ANEXOS B:</b> CUESTIONARIO PARA EL EXPERTO DEL AREA(OFTALMOLOGO).....	150
<b>ANEXO C:</b> CONOCIMIENTO OBTENIDO DE REUNIONES CON EL EXPERTO.....	151

# **1 GENERALIDADES**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Desde la aparición de las computadoras hasta nuestros días, la gente ha invertido grandes esfuerzos por tratar de dar una cierta capacidad de decisión a estas máquinas, incluso un cierto grado de inteligencia.

Un Sistema Experto en sí no tiene verdadera Inteligencia Artificial, más bien, es un sistema basado en el conocimiento que, mediante el buen diseño de su base de información y un adecuado motor de inferencias permite manipular dichos datos proporcionando una manera de determinar resoluciones finales dados, ciertos criterios.

Un sistema experto de cómputo es el encargado de tomar decisiones altamente especializadas con base en los conocimientos de expertos sobre un área en particular, por lo que los datos son almacenados de forma estructurada para su recuperación. (MOLINA, 2017)

Además de la capacidad de ofrecer soluciones sobre algún problema, incluye la explicación del porque se llegó a determinadas medidas.

La medicina es un área en donde se requiere de mucho entrenamiento para ser un especialista, además cuando existe una amplia diversidad de enfermedades y trastornos, los síntomas pueden ser confusos cuando se busca determinar rápidamente un diagnóstico oportuno, que puede significar la sobrevivencia o la muerte del paciente. (MOLINA, 2017)

En este sentido, el sistema experto sustituye al especialista en un área dominada plenamente por el médico. La parte importante son los recursos que se refieren al conocimiento almacenado adquirido, ya sea con la ayuda de un especialista o bien, a través del sistema que integra un módulo de aprendizaje, donde se construye su propio conocimiento. (MOLINA, 2017)

Las Redes Bayesianas, constituyen uno de los modelos matemáticos que más se emplean en la explicación del aprendizaje causal. Una de sus principales

características es que evalúan, de alguna forma, la probabilidad de todas las posibilidades de los sucesos. (MOLINA, 2017)

Con lo señalado se plantea el desarrollo y construcción de un Sistema Experto que permitirá diagnosticar la enfermedad oftalmológica glaucoma, como una herramienta de apoyo al médico ya que facilitará en el proceso de diagnóstico y tratamiento del paciente, de acuerdo a los síntomas que presenta la enfermedad.

## 1.2 ANTECEDENTES

La Oftalmología es la especialidad médica que estudia las enfermedades del 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.

El consultorio Arévalo ubicado en la Av. San Martín N 173 entre bolívar y Heroínas abre sus servicios desde el año 2010 con la especialidad de oftalmología en los horarios de atención de 08:00 am a 16:00 pm

En la clínica se realizan controles de diferentes enfermedades que afectan a la vista del paciente, además realizan tratamientos y cirugías.

Una de las enfermedades a tratar es el glaucoma que es una enfermedad de difícil diagnóstico caracterizada por el daño en el nervio óptico por una intolerancia a la presión intraocular, que puede estar aumentada o incluso ser normal. El deterioro progresivo de las fibras del nervio óptico suele conducir a la pérdida del campo visual y en los casos más graves, a la ceguera. El principal factor de riesgo para el desarrollo del glaucoma es la hipertensión ocular, que produce un daño irreversible en el nervio óptico. Su carácter asintomático hace que la mitad de quienes lo padecen no sean conscientes de ello.

La mayor incidencia de la enfermedad se produce a partir de los 40 años, afectando a un 2,1 % de las personas entre 50 y 59 años; a un 2,3 % entre 60 y 69; y a un 3,5 % en los mayores de 60.

Para realizar el diagnóstico, el médico debe hacer diferentes exámenes oculares como ser la Tonometría que se encarga de medir la presión interna del ojo. Durante la

tonometría, se utilizan gotas oftálmicas para adormecer el ojo, el médico o un técnico utiliza una herramienta llamada tonómetro para medir la presión interna del ojo. Se aplica una pequeña cantidad de presión en el ojo con una diminuta herramienta o con una ráfaga de aire cálido. El rango de presión normal es de 12 a 22 mm Hg ("mm Hg" se refiere a milímetros de mercurio, una escala utilizada para medir la presión ocular). En la mayoría de los casos, el glaucoma se diagnostica cuando la presión excede los 20 mm Hg. Sin embargo, algunas personas pueden tener glaucoma con presiones de 12 a 22 mm Hg.

Otro de los exámenes que se realiza para identificar el glaucoma es la Oftalmoscopia es el procedimiento de diagnóstico que ayuda al médico a examinar el nervio óptico para detectar si hay daños a causa del glaucoma. Se utilizan gotas oftálmicas para dilatar la pupila, de modo que el médico pueda ver a través del ojo y examinar la forma y el color del nervio óptico.

Además, para poder identificar si el paciente tiene la enfermedad del glaucoma se realiza Perimetría es una prueba de campo visual que produce un mapa de todo el campo visual. Esta prueba ayudará al médico a determinar si su vista ha sido afectada por el glaucoma. Durante esta prueba, le pedirá que mire hacia adelante y que indique con una señal cuando vea un objeto en movimiento o una luz fuera del extremo del ojo. Al ser el glaucoma una enfermedad de difícil diagnóstico ya que no presenta síntomas hasta estar avanzada, y por otra parte los síntomas que presenta varían de persona a persona, esto genera en ocasiones que el médico confunda los síntomas con otra enfermedad dando un diagnóstico inadecuado.

En ocasiones se dieron casos de pacientes que no presentan presión intraocular lo cual es uno de los factores importantes que afecta al nervio óptico causando que el paciente empiece a perder poco a poco la visión y esto genera que el médico realice tratamientos inadecuados.

En nuestro país son pocos los casos de glaucoma ya que afectan más a personas mayores de 60 años, personas de ascendencia africana, personas con diabetes, personas que utilizan gran cantidad de esteroides y además es una enfermedad hereditaria, al no tener el médico una buena base del conocimiento sobre casos de glaucoma genera que el médico demore en el diagnóstico de la enfermedad, Debido

a que no se presentan muchos casos de glaucoma en el país no existen muchos especialistas de la enfermedad por lo cual no se logra obtener un correcto diagnóstico y esto genera que la enfermedad progrese y llegue en algunos casos a la pérdida total de la visión.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 Identificación de la problemática**

El glaucoma es una enfermedad de difícil diagnóstico ya que presenta síntomas similares a otras enfermedades y por otro lado los síntomas varían de una persona a otra.

Uno de los factores más importantes para la detección del glaucoma es la presión intraocular por lo que el grado de valoración del diagnóstico de personas que no presentan presión intraocular provoca que el médico realice un tratamiento inadecuado, esto por la inexperiencia de los oftalmólogos en casos de glaucoma.

Además, es dificultosa la revisión minuciosa de los síntomas de la enfermedad y las comparaciones con casos similares, generando demora en el diagnóstico de la misma.

#### **1.3.2 Identificación de la situación problemática**

- Los síntomas del glaucoma son similares a los de otras enfermedades, además de que dichos síntomas pueden ser diferentes de persona a persona, lo cual genera progreso de la enfermedad y tal vez la pérdida total de la visión
- La dificultosa revisión minuciosa de los síntomas del glaucoma y las comparaciones con casos similares generan demora en el diagnóstico de la enfermedad
- El grado de valoración del diagnóstico de personas que no presentan presión intraocular provoca que el médico realice un tratamiento inadecuado

- La inexperiencia de los oftalmólogos en casos de glaucoma genera diagnóstico incorrecto de la enfermedad

### 1.3.3 Identificación de las causas

#### Causas

- Los síntomas del glaucoma son similares a los de otras enfermedades, además de que dichos síntomas pueden ser diferentes de persona a persona
- La dificultosa revisión minuciosa de los síntomas del glaucoma y las comparaciones con casos similares
- El grado de valoración del diagnóstico de personas que no presentan presión intraocular
- La inexperiencia de los oftalmólogos en casos de glaucoma

### 1.3.4 Formulación del problema

El examen físico segmentario inadecuado actualmente utilizado en la detección del glaucoma genera demora en el diagnóstico de la enfermedad, tratamiento inadecuado, diagnóstico incorrecto, progreso de la enfermedad y en ocasiones la pérdida total de la visión

### 1.3.5 Análisis causa efecto

El análisis causa efecto se muestra a continuación:

- **Causa:** El examen físico segmentario inadecuado actualmente utilizado en la detección del glaucoma.

- **Efecto:** Demora en el diagnóstico de la enfermedad, tratamiento inadecuado, diagnóstico incorrecto, progreso de la enfermedad y en ocasiones la pérdida total de la visión

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema experto de apoyo al diagnóstico y tratamiento del glaucoma empleando redes bayesianas que permitirá aumentar la probabilidad de detección de la enfermedad.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Adquirir el conocimiento del experto oftalmólogo para la elaboración del sistema experto.
- Formalizar el conocimiento adquirido del experto para diseñar la base de hechos.
- Desarrollar el módulo de adquisición de conocimientos para introducir la información obtenida del especialista al sistema experto.
- Desarrollar el módulo de explicaciones para argumentar el proceso de razonamiento manejado por el sistema experto.
- Realizar pruebas al sistema experto

### 1.4.3 Objetivos y acciones

**TABLA 1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y ACCIONES.**

OBJETIVOS	ACCIONES
Adquirir el conocimiento del experto oftalmólogo para la elaboración del sistema experto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar entrevistas al experto oftalmólogo para recopilar información para desarrollar el sistema experto.</li> <li>• Analizar los procedimientos actuales que realiza el oftalmólogo para la detección de la enfermedad de glaucoma.</li> <li>• Realizar el modelado del proceso actual para determinar el diagnóstico de glaucoma.</li> <li>• Realizar el modelado del proceso propuesto del prototipo del sistema experto para dar la solución al problema identificado.</li> </ul>
Formalizar el conocimiento adquirido del experto para diseñar la base de hechos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar una metodología para el desarrollo del sistema experto</li> <li>• Planificar actividades envase a la metodología</li> <li>• Realizar el modelado de las actividades</li> <li>• Seleccionar el SGBD.</li> <li>• Seleccionar los lenguajes de programación.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la Base de Hechos con el conocimiento adquirido del experto.</li> <li>• Modelar la estructura de la memoria de trabajo</li> </ul>
Desarrollar el módulo de adquisición de conocimientos para introducir la información obtenida del especialista al sistema experto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar la arquitectura del software.</li> <li>• Seleccionar las tecnologías de desarrollo orientadas a la web.</li> <li>• Identificar los actores</li> <li>• Diseño de las interfaces gráficas del prototipo del sistema experto.</li> <li>• Modelar la estructura de la base de conocimiento</li> <li>• Diseñar diagramas UML necesarios.</li> <li>• Implementar el módulo de consulta médica</li> <li>• Implementar el módulo de administración del conocimiento</li> <li>• Implementar el módulo de la memoria de trabajo</li> <li>• Realizar pruebas a los módulos implementados</li> </ul>
Desarrollar el módulo de explicaciones para argumentar el proceso de razonamiento manejado por el sistema experto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las reglas de funcionamiento para realizar el diagnóstico de la enfermedad</li> <li>• Analizar los requerimientos del módulo de explicaciones</li> <li>• Diseñar módulo de Explicaciones</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar las reglas de funcionamiento para realizar el diagnóstico de la enfermedad.</li> <li>• Diseñar el motor de inferencia</li> <li>• Implementar el módulo de trazador de explicaciones</li> <li>• Implementar el módulo de trazador de consultas</li> <li>• Implementar el motor de inferencia</li> <li>• Implementar módulo de explicaciones</li> <li>• Realizar pruebas a los módulos implementados</li> </ul>
Realizar pruebas al sistema experto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de los casos de prueba</li> <li>• Diseñar los casos de prueba.</li> <li>• Realizar pruebas</li> </ul>

Fuente: elaboración propia,2018

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

### 1.5.1 Justificación técnica

Los Sistemas Expertos son sistemas de computación basados en conocimientos cuyos componentes representan un enfoque cualitativo de la programación. estos beneficiaran en la productividad ya que pueden trabajar más rápido que lo humano, brindar mayor calidad, reducir las tasas de error, además el mejoramiento de las funciones para resolver problemas que mejora la solución y reducen el tiempo para la toma de decisiones, así mismo haciendo uso de las redes bayesianas se puede representar un conjunto de variables aleatorias y sus dependencias condicionales a través de un grafo acíclico, estas permiten representar la dimensión cualitativa y

cuantitativa de un problema también puede trabajar con datos perdidos de una manera eficiente y permite reducir el sobre ajuste de datos.

#### **1.5.2 Justificación operativa**

El desarrollo de un Sistema Experto basado en hechos y conocimientos contribuirá en la detección de la enfermedad del Glaucoma permitiendo optimizar el tiempo de diagnóstico de la enfermedad y reducción del periodo de consultas o exámenes para determinar la misma en los pacientes atendidos, facilitando el trabajo del oftalmólogo de manera eficiente, eficaz y confiable.

#### **1.5.3 Justificación económica**

El presente trabajo es económicamente factible, ya que se utilizará la infraestructura de Cloud Computing utilizando servicios a través de internet, tecnología que permitirá almacenar toda la información en un Servidor Web sin ningún costo. Además, que no se invertirá en una gran infraestructura física (CPD) ni en licencias para el desarrollo del Sistema Experto.

#### **1.5.4 Justificación social**

El prototipo de Sistema Experto será una fuente de información para los expertos en oftalmología y así se podrá realizar un diagnóstico más preciso y rápido a los pacientes que sufren de la enfermedad del Glaucoma y realizar un tratamiento adecuado a los mismos, en este sentido el presente trabajo ayudará a la sociedad en general, ya que el 65% de la población boliviana tiene un problema visual y existe la tendencia a tener esta enfermedad que en muchas ocasiones genera la pérdida de la vista.

## **1.6 ALCANCES**

### **1.6.1 Alcance temático**

Las áreas a las que se orienta el presente trabajo son: Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Herramientas de programación, redes bayesianas, Ingeniería de Software, Análisis y Diseño de Sistemas, Técnicas de recopilación de información, Sistemas de Bases de Datos no relacionales y los servicios a través de Internet que ofrece Cloud Computing.

### **1.6.2 Alcance institucional**

La institución que será beneficiada con el sistema experto de diagnóstico será el Consultorio Médico Oftalmológico Arévalo.

### **1.6.3 Alcance temporal**

El sistema será desarrollado durante la gestión II/2018 y la gestión I/2019.

El sistema experto estará vigente hasta que los actuales métodos de evaluación que se emplean para el diagnóstico del glaucoma y la base de conocimiento del sistema experto queden obsoletos, a causas de nuevos y mejores métodos científicos y tecnologías

### **1.6.4 Alcance funcional**

El presente proyecto desarrollará un Sistema experto para la detección de la enfermedad de Glaucoma basado en síntomas y signos, mismo que estará basada en hechos y conocimientos obtenidos del experto oftalmólogo

El prototipo analizará y proporcionará una probabilidad porcentual de la enfermedad además de sugerir al experto si tiene que realizar una prueba de campo visual para la

confirmación de la existencia de la enfermedad. Además, aumentará la confiabilidad de los resultados para el diagnóstico de la enfermedad con el fin de apoyar a la toma de decisiones.

## **1.7 HIPÓTESIS**

El Sistema experto de apoyo al diagnóstico y tratamiento del glaucoma empleando redes bayesianas permitirá aumentar la probabilidad de detección de la enfermedad, reducir el tiempo utilizado en la detección y reducir el riesgo de un mal tratamiento.

### **1.7.1 Variables**

#### **1.7.1.1 Variable Independiente**

El sistema experto de apoyo al diagnóstico y tratamiento del glaucoma empleando redes bayesianas

#### **1.7.1.2 Variables dependientes**

- Probabilidad de detección de la enfermedad
- Tiempo utilizado en la detección
- Riesgo de un mal tratamiento

### **1.7.2 Definición conceptual**

#### **1.7.2.1 Variable Independiente**

Sistema experto de apoyo al diagnóstico y tratamiento del glaucoma empleando redes bayesianas. Consiste en el desarrollo de un sistema experto utilizando redes bayesianas que ayude al médico en el diagnóstico y tratamiento.

### **1.7.2.2 Variable dependiente**

Probabilidad de detección de la enfermedad. Consiste en el proceso que lleva acabo el médico para el diagnóstico y así poder dar la probabilidad de padecer o no la enfermedad

Tiempo utilizado en la detección de la enfermedad. Consiste en el tiempo que lleva acabo el médico para el diagnóstico de la enfermedad

Riesgo de un mal tratamiento Consiste en la confusión de los síntomas similares a otras enfermedades.

### **1.7.3 Operativización de variables**

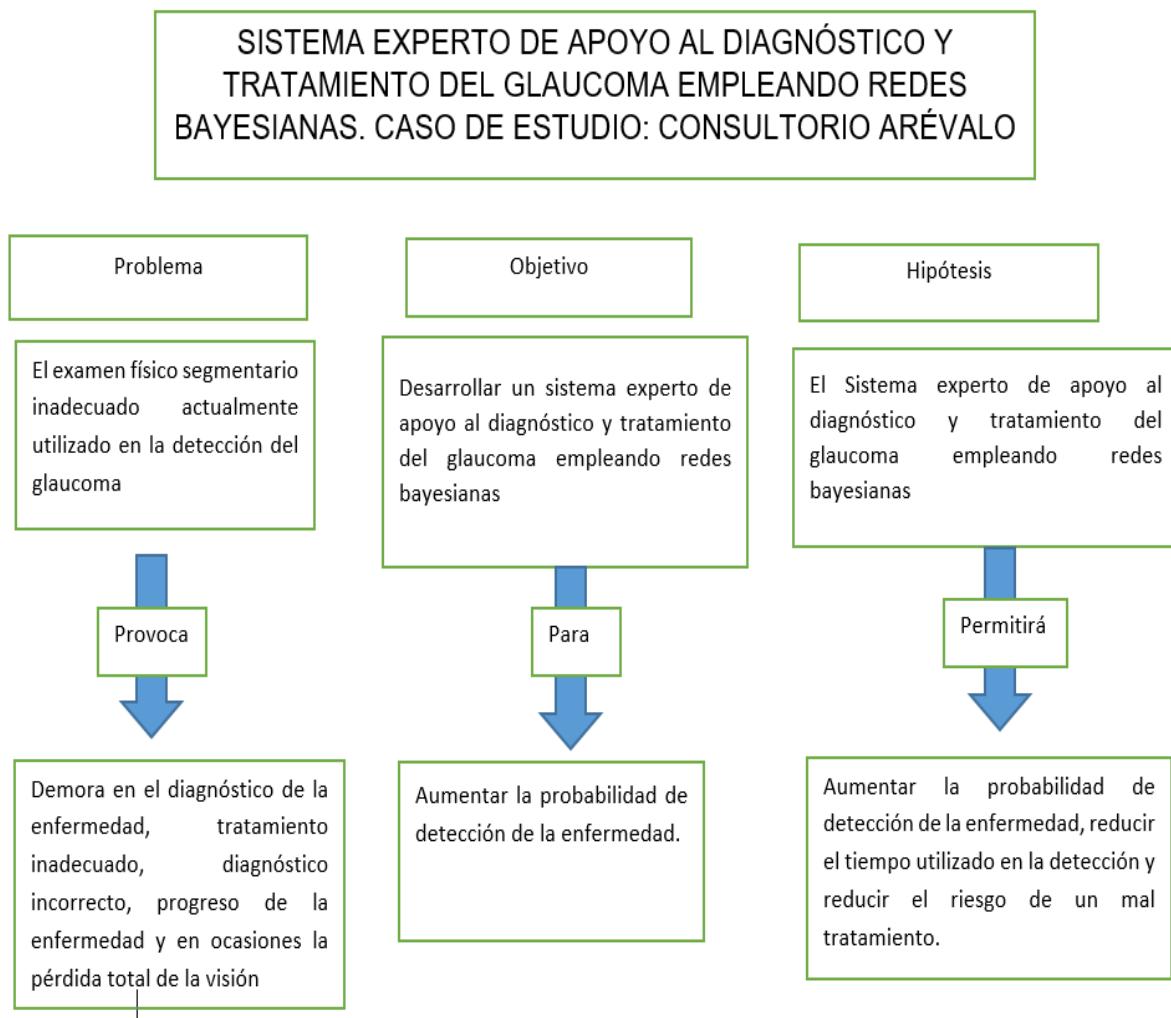
**TABLA 2 OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES:**

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable independiente El sistema experto de apoyo al diagnóstico y tratamiento del glaucoma empleando redes bayesianas	Sistema concluido y probado	Comprobación de beneficios entre el proceso actual y el propuesto
Variables dependientes		
Probabilidad de detección de la enfermedad	Diagnóstico para medir la detección de la enfermedad	Porcentaje %
Tiempo utilizado en la detección de la enfermedad	Presencia de la enfermedad en pacientes con glaucoma Iniciales, instaladas y tardías	Min/horas
Riesgo de un mal tratamiento	Matriz de riesgo	Nivel de riesgo

Fuente Elaboración Propia,2018

## 1.8 MATRIZ DE CONSISTENCIA

FIGURA 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA



Fuente Elaboración Propia,2018

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 SISTEMA EXPERTO**

Los Sistemas Expertos, como parte o rama de la Inteligencia Artificial, son sistemas informáticos que incorporan en forma explícita, extensible y modificable el conocimiento exacto o impreciso que posee una persona o un grupo de expertos en un tema. Estos sistemas simulan el proceso de aprendizaje, memorización, razonamiento y comunicación, para la generación de ayudas en el análisis de problemas y toma de decisiones semejantes a las que proporcionaría el grupo de expertos. Como consecuencia de todo lo anterior, este tipo de tecnologías hará posible el desarrollo de respuestas rápidas y pragmáticas para muchas problemáticas. En este orden de ideas, es posible mejorar el sistema con adiciones a la base de conocimientos o al conjunto de reglas, proporcionando información actualizada para desarrollar un análisis oportuno. (LINA, 2016)

#### **2.1.1 Características de un sistema experto**

Las características básicas necesarias de sistemas expertos son: (LINA, 2016)

- Alto desempeño: Igual respuesta como mínimo a la de un experto humano.
- Tiempo de respuesta adecuado: Mejor a la que tardaría un experto humano.
- Confiabilidad: No sea propenso a “caídas”.
- Comprensible: Capaz de explicar los pasos o razonamientos seguidos.
- Flexibilidad: Permita añadir, modificar y eliminar conocimiento. Otros sistemas más elaborados pueden:
  - Enumerar todas las razones a favor y en contra de una hipótesis en particular. Una hipótesis también puede verse como un hecho cuya verdad está en duda y debe probarse.
  - Enumerar todas las hipótesis que puedan explicar la evidencia observada.
  - Explicar todas las consecuencias de una hipótesis.
  - Dar un pronóstico o predicción de lo que ocurrirá si la hipótesis es verdadera.

- Justificar las preguntas que el programa hace al usuario para obtener más información.
- Justificar el conocimiento del programa. . (LINA, 2016)

### **2.1.2 Componentes de un sistema experto**

Tal como lo expone la teoría general de sistemas, todo sistema es aquel en el cual las sumas totales de sus partes funcionan independientemente pero conjuntamente para lograr productos o resultados requeridos, basándose en las necesidades; de la misma forma un sistema experto está compuesto por un conjunto de elementos. (LINA, 2016)

a) **Componente humana:** Este componente tiene en cuenta la colaboración entre uno o varios expertos humanos especialistas en el tema de interés y los ingenieros de conocimiento quienes son los encargados de trasladar dicho conocimiento a un lenguaje que el sistema experto pueda entender.

(FROST, 1989, pág. 35)

b) **Base de Conocimiento:** Es la columna principal del Sistema Experto, puesto que allí está toda la información recopilada de los expertos que permitirán al sistema desarrollar el proceso de toma de decisiones (FROST, 1989, pág. 35)

c) **Base de adquisición del conocimiento:** Se recopilan los métodos por los cuales el ingeniero del conocimiento adoptara la información necesaria para la base de conocimiento. (FROST, 1989, pág. 35)

d) **Base de edición del conocimiento:** Tal como se explicó anteriormente, un SE tiene que ser flexible ante el cambio (adición o eliminación de información), por lo tanto, el SE tiene que tener la capacidad de realizar cambios cuando fuese necesario. (FROST, 1989, pág. 35)

e) **Base de despliegue del conocimiento:** Todo SE tiene como finalidad dar a conocer un resultado de lo que está evaluando, por ello es

necesario que las conclusiones arrojadas sean claras y concisas.  
(FROST, 1989, pág. 35)

- f) **Base de validación del conocimiento:** El SE debe ser capaz de corroborar la veracidad de los datos, ya sean de entrada o de salida.  
(FROST, 1989, pág. 35)
- g) **Base de explicación del conocimiento:** El sistema debe proveer un desglose claro de los resultados arrojados, ya que está dando soluciones a problemas en los cuales el usuario no tiene la suficiente experticia.  
(FROST, 1989, pág. 35)

### **2.1.3 Equipo de desarrollo de un sistema experto**

Las personas que participan en el desarrollo de un sistema Experto desempeñan tres papeles distintos. (LINA, 2016)

- El experto: que pone sus conocimientos especializados a disposición del sistema experto
- El ingeniero de conocimiento: que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa en la base de conocimiento.
- El usuario: que aporta sus deseos y sus ideas, determinando especialmente el escenario en el que debe aplicarse el sistema experto (LINA, 2016) .

### **2.1.4 Campos de aplicación de los sistemas expertos**

Los Sistemas Expertos representan una de las técnicas más flexibles en las metodologías de Inteligencia Artificial ya que son capaces de solucionar problemas en diferentes tipos: (LOPEZ, 2011, pág. 30)

- Control- Dirigen el comportamiento de otros sistemas de acuerdo a especificaciones.

- Diseño- Configuran objetos según restricciones.
- Diagnóstico- Infieren deficiencias de otros sistemas a través de observaciones.
- Instrucción- Depuran y reparan el comportamiento de principiantes y estudiantes.
- Interpretación- Describen situaciones particulares a partir de datos.
- Monitoreo- Comparan observaciones con expectativas.
- Planeación- Diseñan acciones a tomar.
- Predicción- Infieren consecuencias a partir de situaciones dadas.
- Prescripción- Recomiendan soluciones a sistemas con problemas.
- Selección- Identifican la mejor opción de una lista de posibilidades.
- Simulación- Modelan la interacción entre componentes de otros sistemas.

Esta versatilidad los hace utilizables prácticamente en cualquier dominio del conocimiento humano. (LOPEZ, 2011, pág. 30)

### **2.1.5 Tipos de sistemas expertos**

#### **2.1.5.1 Basados en reglas**

Los sistemas basados en reglas trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas basadas en situación modificada. También pueden trabajar por inferencia lógica dirigida, bien empezando con una evidencia inicial en una determinada situación y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente (o una deducción de una evidencia existente) que apoya una hipótesis en particular. Representación del conocimiento Hay numerosas formas de representar el conocimiento en IA, sin embargo, los Sistemas Expertos suelen ser llamados sistemas basados en reglas. Reglas “Si...entonces...” Las reglas “sí. entonces.” son el principal tipo de conocimiento usado en Sistemas Expertos, donde dichas normas se utilizan para capturar razonamiento de expertos que emplean a menudo. Sin embargo, con el tiempo los investigadores comenzaron a desarrollar e integrar otras formas de representación del

conocimiento, tales como el razonamiento basado en casos. Los sistemas que incluyen múltiples tipos de conocimiento a veces se conocen como sistemas híbridos, o etiquetados después de un determinado tipo de representación del conocimiento. (GUTIERREZ, 1996, pág. 15)

#### **2.1.5.2 Basados en redes bayesianas**

Una red bayesiana, red de Bayes, red de creencia, modelo bayesiano o modelo probabilístico en un gráfico a cíclico dirigido es un modelo gráfico probabilístico (un tipo de modelo estático) que representa un conjunto de variables aleatorias y sus dependencias condicionales a través de un gráfico acíclico dirigido (DAG por sus siglas en inglés). Por ejemplo, una red bayesiana puede representar las relaciones probabilísticas entre enfermedades y síntomas. Dados los síntomas, la red puede ser usada para computar las probabilidades de la presencia de varias enfermedades. (GUTIERREZ, 1996, pág. 16)

#### **2.1.5.3 Sistemas Expertos difusos**

Los Sistemas Expertos difusos se desarrollan usando el método de lógica difusa, la cual trabaja con incertidumbre. Esta técnica emplea el modelo matemático de conjuntos difusos, simula el proceso del razonamiento normal humano permitiendo a la computadora comportarse menos precisa y más lógicamente que las computadoras convencionales. Este enfoque es utilizado porque la toma de decisiones no es siempre una cuestión de blanco y negro, verdadero o falso; a veces involucra áreas grises y el término “quizás”. (GUTIERREZ, 1996, pág. 16)

## **2.2 TÉCNICAS DE RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN**

Son todas las formas posibles de que se vale el investigador para obtener la información necesaria en el proceso investigativo. Hace relación al procedimiento, condiciones y lugar de recolección de datos, dependiendo de las distintas fuentes de información tanto primaria como secundaria. (CIENFUEGOS, Tecnicas de recopilacion de informacion, 2014)

Pueden ser:

- El Cuestionario
- La Entrevista
- La Observación

### **2.2.1 La entrevista**

Una entrevista es un intercambio de ideas, opiniones mediante una conversación que se da entre una, dos o más personas donde un entrevistador es el designado para preguntar. (CIENFUEGOS, Tecnicas de recopilacion de informacion, 2014)

Para realizar la entrevista se siguen cinco pasos principales:

- Leer los antecedentes
- Establecer los objetivos de la entrevista
- Decidir a quién entrevistar
- Preparar al entrevistado
- Decidir el tipo de preguntas y la estructura.

### **2.2.2 Cuestionarios**

El uso de cuestionarios es una técnica de recopilación de información que permite a los analistas de sistemas estudiar las actitudes, creencias, comportamiento y características de muchas personas importantes en la organización que podrían resultar afectadas por los sistemas actuales y los propuestos. Se analiza las actitudes de las personas, así como las creencias que las personas realmente piensan, lo que los miembros de la organización hacen y las características son propiedades de las personas o cosas.

Se puede conseguir las respuestas a través de cuestionarios (encuestas) que usan preguntas cerradas. Si se utilizan preguntas abiertas, se analizan e interpretan de otras maneras, debido a la redacción que se usen. (CIENFUEGOS, Tecnicas de recopilacion de informacion, 2014)

A continuación, se mencionará algunas reglas para diseñar un cuestionario:

- Dejar bastante espacio en blanco.
- Proporcionar suficiente espacio para escribir las respuestas.
- Facilitar a los encuestados que marquen con claridad sus respuestas.
- Mantener un estilo consistente.

### **2.2.3 Observación**

La Observación es la técnica de recogida de la información que consiste básicamente, en observar, acumular e interpretar las actuaciones, comportamientos y hechos de las personas o objetos, tal y como las realizan habitualmente. En este proceso se busca contemplar en forma cuidadosa y sistemática como se desarrolla dichas características en un contexto determinado, sin intervenir sobre ellas o manipularlas. También se conoce como observación a la nota escrita que explica, aclara o corrige un dato, error o información que puede confundir o hacer dudar. Por lo general, esta aclaratoria se encuentra en libros, textos o escritos. (CIENFUEGOS, Tecnicas de recopilacion de informacion, 2014)

## **2.3 INGENIERÍA DE SOFTWARE**

Esta disciplina trasciende la actividad de programación, que es el pilar fundamental a la hora de crear una aplicación. El ingeniero de software se encarga de toda la gestión del proyecto para que éste se pueda desarrollar en un plazo determinado y con el presupuesto previsto.

La ingeniería de software, por lo tanto, incluye el análisis previo de la situación, el diseño del proyecto, el desarrollo del software, las pruebas necesarias para confirmar su correcto funcionamiento y la implementación del sistema.

Cabe destacar que el proceso de desarrollo de software implica lo que se conoce como ciclo de vida del software, que está formado por cuatro etapas: concepción, elaboración, construcción y transición.

La concepción fija el alcance del proyecto y desarrolla el modelo de negocio; la elaboración define el plan del proyecto, detalla las características y fundamenta la arquitectura; la construcción es el desarrollo del producto; y la transición es la transferencia del producto terminado a los usuarios. (PRESSMAN, 2007, pág. 5)

### **2.3.1 Lenguaje unificado de modelado**

Un modelo es una simplificación de la realidad y en este caso, el modelado es una parte central de todas las actividades que conducen a la producción de buen software. El modelo se construye para comunicar la estructura deseada y el comportamiento del sistema, para visualizar y controlar la arquitectura del sistema y para comprender mejor el sistema que se está construyendo.

Un modelo proporciona los planos de un sistema. Los modelos pueden involucrar planos detallados, así como planos más generales que ofrecen una visión global del sistema en consideración. (RUMBAUGH, 2000, pág. 41)

### **2.3.2 Lenguaje unificado de modelado versión 2.0.**

El lenguaje unificado de modelado (Unified Modeling Language, UML) es un lenguaje estándar para escribir planos de software, puede utilizarse para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema que involucre una gran cantidad de software. (RUMBAUGH, 2000, pág. 50)

UML es apropiado para modelar desde sistemas de información empresariales hasta aplicaciones distribuidas basadas en la Web, e incluso para sistemas embebidos de tiempo real muy exigentes. Es un lenguaje muy expresivo, que cubre todas las vistas necesarias para desarrollar y luego desplegar tales sistemas. (RUMBAUGH, 2000, pág. 50)

UML es solo un lenguaje y, por tanto, es tan sólo una parte de un método de desarrollo de software, también es independiente del proceso, aunque para utilizarlo

óptimamente se debería usar en un proceso que fuese dirigido por los caso de uso, centrándose en la arquitectura, iterativo e incremental.

UML está pensado principalmente para sistemas con gran cantidad de software. Ha sido utilizado de forma efectiva en dominios tales como: (RUMBAUGH, 2000, pág. 50)

- Sistemas de información empresariales.
- Bancos y servicios financieros.
- Telecomunicaciones.
- Defensa/industria aeroespacial.
- Comercio
- Servicios distribuidos basados en la Web.

El modelo conceptual de UML 2.0 requiere tres elementos principales: los “bloques básicos” de construcción de UML, “las reglas” que dictan cómo se pueden combinar estos bloques básicos y algunos mecanismos comunes que se aplican a través de UML. (RUMBAUGH, 2000, pág. 50)

#### Bloques básicos de UML.

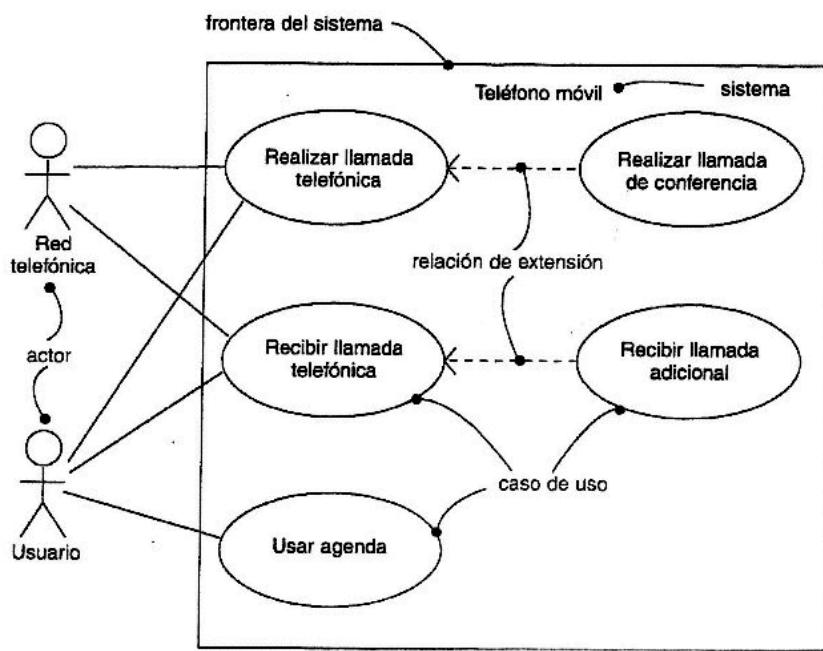
El vocabulario de UML, incluye tres clases de bloques básicos: (RUMBAUGH, 2000, pág. 50)

- Elementos. Existen cuatro tipos; estructurales, de comportamiento, agrupación, de anotación.
- Relaciones. Hay cuatro tipos de relaciones; dependencia, asociación, generalización, realización.
- Diagramas. Un diagrama es la representación gráfica de un conjunto de elementos, se dibujan para visualizar un sistema desde diferentes perspectivas, de forma que un diagrama es una proyección de un sistema. UML incluye trece tipos de diagramas:

### 2.3.2.1 Diagrama de casos de uso.

Estos diagramas muestran un conjunto de casos de uso y actores y sus relaciones. Cubren la vista de casos de uso estática de un sistema. Estos diagramas son especialmente importantes en el modelado del comportamiento de un sistema. (PRESSMAN, 2007, pág. 85)

**FIGURA 2 DIAGRAMA DE CASO DE USO**



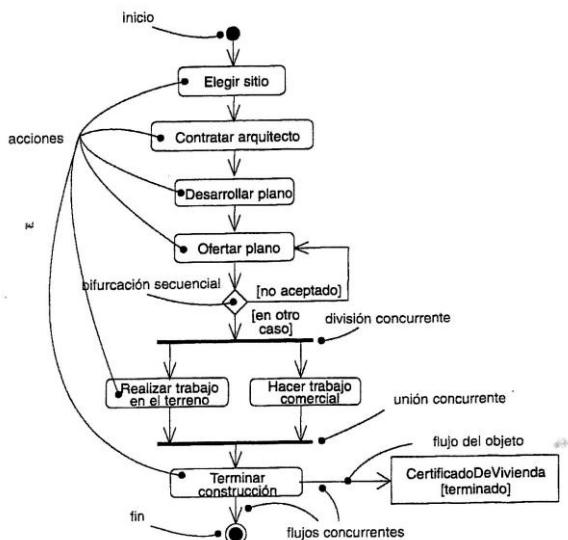
Fuente:Pressman, 2007

### 2.3.2.2 Diagrama de Actividad

Muestra la estructura de un proceso u otra computación como el flujo de control y datos paso a paso en la computación. Los diagramas de actividades cubren la vista dinámica de un sistema. (PRESSMAN, 2007, pág. 90)

Son especialmente importantes al modelar el funcionamiento de un sistema y resaltan el flujo de control entre objetos (PRESSMAN, 2007, pág. 90)

**FIGURA 3 DIAGRAMA DE ACTIVIDAD**

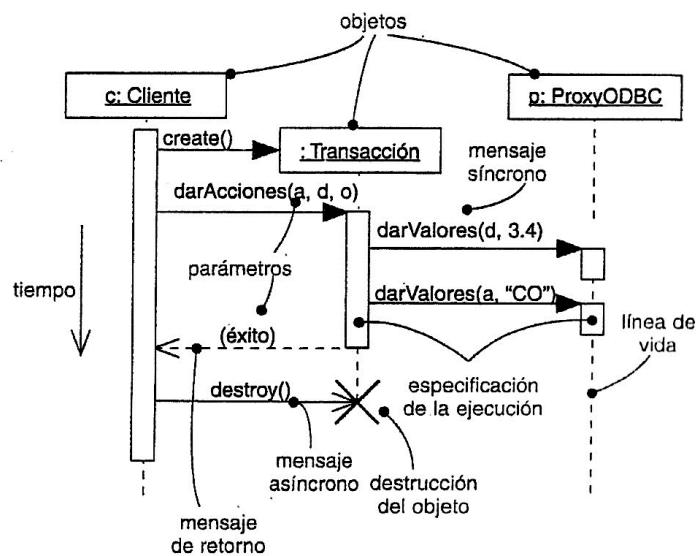


Fuente: Pressman, 2007

### 2.3.2.3 Diagrama de Secuencia

Al diagrama de secuencia se le ha incorporado un mecanismo a través del cual se puede realizar la especificación de bloques repetitivos, opcionales, alternativos, entre otros. (PRESSMAN, 2007, pág. 102)

**FIGURA 4 DIAGRAMA DE SECUENCIA**

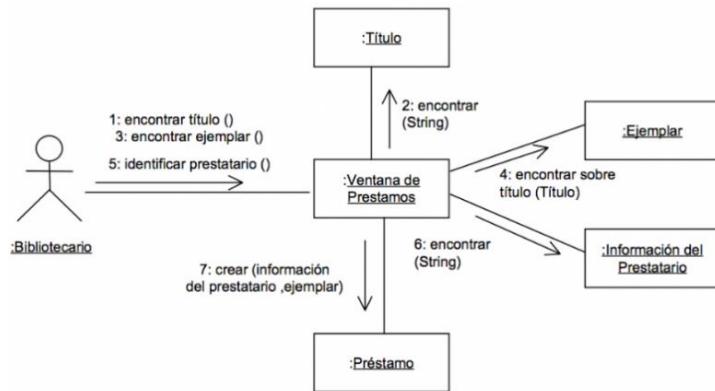


Fuente:Pressman, 2007

#### 2.3.2.4 Diagrama de colaboración

Un diagrama de colaboración muestra la misma información que un diagrama de secuencia, pero de forma diferente. En los diagramas de colaboración no existe una secuencia temporal en el eje vertical; es decir, la colocación de los mensajes en el diagrama no indica cual es el orden en el que se suceden. Además, la colocación de los objetos es más flexible y permite mostrar de forma más clara cuales son las colaboraciones entre ellos. En estos diagramas la comunicación entre objetos se denomina vinculo o enlace (*link*) y estará particularizada mediante los mensajes que intercambian. (PRESSMAN, 2007, pág. 107)

FIGURA 5 DIAGRAMA DE COLABORACION



Fuente:Pressman, 2007

#### 2.3.3 Pruebas de software

##### 2.3.3.1 Pruebas funcionales.

Dirigidas a asegurar que el sistema de información realiza correctamente todas las funciones que se han detallado en las especificaciones dadas por el usuario del sistema. (KENDALL, 2007, pág. 78)

#### **2.3.3.2 Pruebas de comunicaciones.**

Determinan que las interfaces entre los componentes del sistema funcionan adecuadamente, tanto a través de dispositivos remotos, como locales. Asimismo, se han de probar las interfaces hombre/maquina. (KENDALL, 2007, pág. 78)

#### **2.3.3.3 Pruebas de rendimiento.**

Consisten en determinar que los tiempos de respuesta están dentro de los intervalos establecidos en las especificaciones del sistema. (KENDALL, 2007, pág. 78)

#### **2.3.3.4 Pruebas de facilidad de uso.**

Consisten en comprobar la adaptabilidad del sistema a las necesidades de los usuarios, tanto para asegurar que se acomoda a su modo habitual de trabajo, como para determinar las facilidades que aporta al introducir datos en el sistema y obtener los resultados. (KENDALL, 2007, pág. 78)

### **2.4 SISTEMA WEB**

Los "sistemas Web" o también conocido como "aplicaciones Web" son aquellos que están creados e instalados no sobre una plataforma o sistemas operativos ( Windows, Linux). Sino que se alojan en un servidor en Internet o sobre una intranet (red local). Su aspecto es muy similar a páginas Web que vemos normalmente, pero en realidad los 'sistemas Web' tienen funcionalidades muy potentes que brindan respuestas a casos particulares. (BAEZ, KnowDo, 2012)

Los sistemas Web se pueden utilizar en cualquier navegador Web (chrome, firefox, Internet Explorer,etc) sin importar el sistema operativo. Para utilizar las aplicaciones Web no es necesario instalarlas en cada computadora ya que los usuarios se conectan a un servidor donde se aloja el sistema. (BAEZ, KnowDo, 2012)

Las aplicaciones Web trabajan con bases de datos que permiten procesar y mostrar información de forma dinámica para el usuario. (BAEZ, KnowDo, 2012)

Los sistemas desarrollados en plataformas Web, tienen marcadas diferencias con otros tipos de sistemas, lo que lo hacen muy beneficioso tanto para las empresas que lo utilizan, como para los usuarios que operan en el sistema. (BAEZ, KnowDo, 2012)

#### **2.4.1 Tipos de aplicaciones web**

- Aplicación web dinámica.

Son mucho más complejas a nivel técnico que las anteriores. Utilizan bases de datos para cargar la información y los contenidos se van actualizando cada vez que el usuario accede a la web app. Suelen contar con un panel de administración (llamado CMS) desde el que se administra y se crean y publican los contenidos (noticias, posts, imágenes, banners, videos...) Existen muchos lenguajes de programación para aplicaciones web dinámicas como por ejemplo PHP y ASP, que son los más populares porque permiten una buena estructuración del contenido. Es muy sencillo actualizar los contenidos y se pueden añadir foros, o bases de datos. También el diseño de la web se puede cambiar y retocar. (OBERTA, 2017)

- Aplicación web animada.

Son aplicaciones web creadas con la tecnología Flash. Esta tipología de programación permite crear y presentar contenidos con efectos animados. Es una tecnología muy atractiva para desarrolladores y diseñadores. El problema que tienen las webs animadas es que no son útiles para mejorar el posicionamiento ni para optimizar el SEO; los buscadores no pueden leer correctamente las informaciones. (OBERTA, 2017)

- Aplicación web con “Gestor de Contenidos”.

Perfecta para proyectos que necesitan actualizar su contenido constantemente. Tienen un gestor de contenidos (CMS) a través del cual el administrador y los editores pueden ir añadiendo los contenidos, realizando los cambios y actualizaciones, etc. Muchas empresas han optado por este tipo de

aplicaciones web, por la facilidad de publicar contenidos. Es muy popular su uso en diarios digitales, blogs (personales o corporativos), medios de comunicación y webs de Pymes. (OBERTA, 2017)

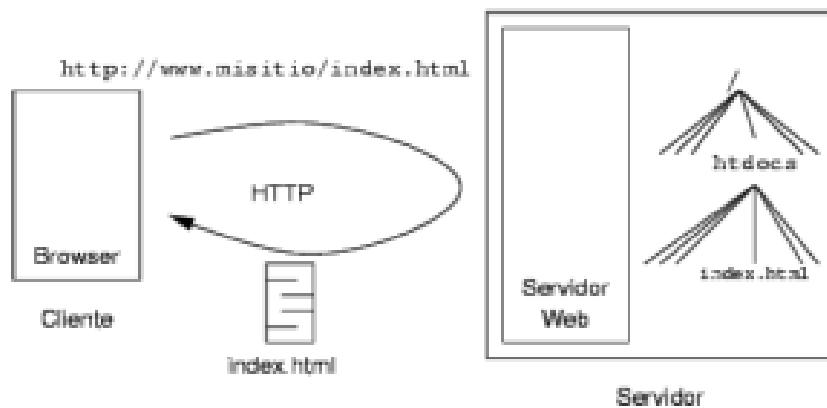
#### 2.4.2 Arquitectura de las aplicaciones web.

Web es proporcionada por un servidor Web y utilizada por usuarios que se conectan desde cualquier punto vía clientes Web (browsers o navegadores). La arquitectura de un Sitio Web tiene tres componentes principales: (TM INSTITUTO, 2017)

- Un servidor Web
- Una conexión de red
- Uno o más clientes

El servidor Web distribuye páginas de información formateada a los clientes que las solicitan. Los requerimientos son hechos a través de una conexión de red, y para ello se usa el protocolo HTTP. Una vez que se solicita esta petición mediante el protocolo HTTP y la recibe el servidor Web, éste localiza la página Web en su sistema de archivos y la envía de vuelta al navegador que la solicitó. (TM INSTITUTO, 2017)

**FIGURA 6 ARQUITECTURA**



Fuente:Espinosa, 2014

#### **2.4.3 Ventajas de las aplicaciones web**

Las ventajas más importantes que tiene el desarrollo de una App web son las siguientes: (MATEU, 2004)

- Ahorro de tiempo: Son Apps sencillas de gestionar, por lo que permiten realizar tareas de forma fácil sin necesidad de descargar ni instalar ningún programa o plugin adicional. (MATEU, 2004)
- Completa compatibilidad: Son totalmente compatibles con navegadores para poder utilizarlas. Sólo se suele requerir que el navegador web esté debidamente actualizado para poder usar este tipo de Apps. (MATEU, 2004)
- Actualización continua e inmediata: Debido a que es el propio desarrollador App el que gestiona y controla el software, la versión que descarguen, instalen y utilicen los usuarios, siempre será la última que haya lanzado dicho desarrollador App. Para ello es imprescindible estar al tanto de lo que ocurre con la App. (MATEU, 2004)
- Recuperación de datos: Una de las mayores ventajas de una App Web es que, en la mayoría de ocasiones el usuario puede recuperar su información desde cualquier dispositivo y lugar con su nombre de usuario y contraseña. (MATEU, 2004)
- Ahorro de recursos en equipos y dispositivos: Las Apps Web, generalmente tiene un bajo consumo de recursos dado que toda (o gran parte) de la aplicación se encuentra en un servidor web y no en nuestro ordenador. (MATEU, 2004)

Gran parte de las tareas que realiza el software no consumen recursos propios de tu equipo o dispositivo, ya que se realizan desde el servidor o servidores que contratemos. (MATEU, 2004)

- Compatibilidad con múltiples plataformas: se pueden usar desde cualquier dispositivo móvil u equipo informático, ya que son válidas para cualquier sistema operativo ya que sólo es necesario que cuente con un navegador web. (MATEU, 2004)

- Portabilidad: como hemos indicado, las App Web son compatibles con todas las plataformas (independiente del ordenador, equipo informático o dispositivo móvil donde se utilice) ya que con tener acceso a internet se puede acceder a las mismas (como si de una página web se tratase). (MATEU, 2004)

Para que los usuarios con dispositivos móviles puedan acceder a la App Web de forma sencilla, se requiere de un diseño específico (ficheros CSS) para facilitarlo.

- Virus inexistentes: Los virus no afectan a los datos guardados en el servidor de la aplicación, ya que cuentan con potentes sistemas de seguridad informáticos y garantías ante este tipo de situaciones. (MATEU, 2004)
- Mayor funcionalidad: El hecho de que el acceso a la App se realice desde una única ubicación (un servidor web de una Intranet en las oficinas de una empresa), permite realizar de forma sencilla acciones colaborativas entre los usuarios como por ejemplo la compartición de datos entre ellos. (MATEU, 2004)
- Mayor funcionalidad: Cada vez es más sencillo crear, desarrollar y utilizar navegadores web, ya que actualmente ofrecen cada vez más y mejores funcionalidades para crear "aplicaciones web enriquecidas" (RIA o Rich Internet Application). (MATEU, 2004)

#### **2.4.4 Tecnologías de desarrollo web**

##### **2.4.4.1 Css**

CSS (Del inglés Cascading Style Sheets) permite crear páginas web con un diseño agradable, pero ¿Cómo funciona por dentro? Este artículo explica lo que es CSS, cómo el navegador transforma HTML en un DOM, y cómo se aplica el CSS a las partes del DOM, algunos ejemplos muy básicos de sintaxis y el código necesario para incluir nuestro CSS en nuestra página web. (HAMFREE, 2018)

#### **2.4.4.2 Html**

es un lenguaje de programación que se utiliza para el desarrollo de páginas de Internet. Se trata de la sigla que corresponden a HyperText Markup Language, es decir, Lenguaje de Marcas de Hipertexto. (FLORES, 2017)

#### **2.4.4.3 Json**

Es un formato ligero de intercambio de datos. Leerlo y escribirlo es simple para humanos, mientras que para las máquinas es simple interpretarlo y generarlo. Está basado en un subconjunto del Lenguaje de Programación JavaScript, Standard ECMA-262 3rd Edition - Diciembre 1999. JSON es un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje pero utiliza convenciones que son ampliamente conocidos por los programadores de la familia de lenguajes C, incluyendo C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python, y muchos otros. Estas propiedades hacen que JSON sea un lenguaje ideal para el intercambio de datos. (ECMA , 2017)

#### **2.4.4.4 Protocolo HTTP**

El Protocolo de Transferencia de HiperTexto (Hypertext Transfer Protocol) es un sencillo protocolo cliente-servidor que articula los intercambios de información entre los clientes Web y los servidores HTTP. La especificación completa del protocolo HTTP 1/0 está recogida en el RFC 1945. Fue propuesto por Tim Berners-Lee, atendiendo a las necesidades de un sistema global de distribución de información como el World Wide Web. (ROMERO, 2015)

#### **2.4.4.5 Ajax**

AJAX son las siglas de Asynchronous JavaScript And XML, (Javascript asíncrono y XML). No es en sí un lenguaje de programación, sino una nueva técnica que combina varios lenguajes de programación.

La ventaja de ajax respecto a otros lenguajes de programación web es la asincronía. Esto consiste en que cuando queremos intercambiar datos con el servidor (por ejemplo enviar o comprobar un formulario, consultar una base de datos, etc), la página no se queda parada esperando la respuesta, sino que se pueden seguir ejecutando acciones mientras tanto. (SIMON, 2006)

## 2.5 SISTEMAS DE GESTORES DE BASE DE DATOS

### 2.5.1 Mongo db

Es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos, desarrollado bajo el concepto de código abierto.

Mongo DB forma parte de la nueva familia de sistemas de base de datos NoSQL. En lugar de guardar los datos en tablas como se hace en las base de datos relacionales, Mongo DB guarda estructuras de datos en documentos similares a JSON con un esquema dinámico (Mongo DB utiliza una especificación llamada BSON), haciendo que la integración de los datos en ciertas aplicaciones sea más fácil y rápida. (PEREZ, Base de datos, 2014)

#### 2.5.1.1 Ventajas

- Mongo DB tiene la capacidad de realizar consultas utilizando javascript, haciendo que estas sean enviadas directamente a la base de datos para ser ejecutada. (PEREZ, Base de datos, 2014)
- Se utiliza un sistema de archivos, ya que cuenta con la capacidad para balancear la carga y recopilación de datos utilizando múltiples servidores para almacenamiento de archivo. (PEREZ, Base de datos, 2014)
- El desarrollador elige una llave shard(clave).
- La configuración automática, se puede agregar nuevas máquinas a mongo DB con el sistema de base corriendo. (PEREZ, Base de datos, 2014)

### **2.5.1.2 Desventajas**

- Mongo DB bloquea la base de datos cada vez que se realiza un escritura, lo que reduce la concurrencia dramáticamente. (PEREZ, Base de datos, 2014)
- Retorna cuando no se ha escrito la información en el espacio de almacenamiento permanente, puede ocasionar perdida de información. (PEREZ, Base de datos, 2014)
- Cambia el valor por defecto para escribir al menos una replica, pero esto sigue sin satisfacer la durabilidad ni la verificabilidad. (PEREZ, Base de datos, 2014)
- Tiene problemas de rendimiento cuando el volumen de datos supera los 100GB. (PEREZ, Base de datos, 2014)

### **2.5.2 Cassandra**

Dentro de los nuevos sistemas de almacenamiento que están surgiendo dentro del universo Big Data, Cassandra es uno de los más interesantes y reseñables. Cassandra se define como una base de datos NoSQL distribuida y masivamente escalable, y esta es su mayor virtud desde nuestro punto de vista, la capacidad de escalar linealmente. (ZORRILLA, 2017)

base de datos escrita en java, de tipo columna familia, de código abierto por facebook en 2008, diseñada por Anash lakshman y prashant malik de varias maneras se puede pensar en cassandra como dynamo 2.0 o una unión de dynamo y bigtable. cassandra se encuentra en producción en Facebook, pero aún se encuentra bajo fuerte desarrollo. (ZORRILLA, 2017)

Además, Cassandra introduce conceptos muy interesantes como el soporte para multi data center o la comunicación peer-to-peer entre sus nodos. En este artículo vamos a profundizar en estas y otras características que hacen a Cassandra (ZORRILLA, 2017)

#### **2.5.2.1 Ventajas**

- Escalabilidad horizontal: puede añadirse nuevo hardware si

aumentan los requisitos de la base de datos.

- Respuesta rápida, aunque la demanda crezca (si está bien configurado).
- Elevadas velocidades de escritura para gestionar volúmenes de datos incrementales (siempre que la implementación de la base de datos sea adecuada).
- Almacenamiento distribuido de los datos.
- Tolerante a fallos.
- Dispone de un API sencilla para múltiples lenguajes
- Desde la versión 0.8 ofrece un lenguaje de acceso y manipulación de datos sencillo y basado en SQL: CQL. (ZORRILLA, 2017)

#### **2.5.2.2 Desventajas**

- No hay JOINS (a cambio de más velocidad).
- No permite ordenar resultados en tiempo de consulta.
- Lenguaje CQL, con una sintaxis y semántica próxima a SQL, no está estandarizado.
- No Garantiza ACID.

Consistencia eventual: puede haber nodos cuyos datos no estén correctamente actualizados.

- El desarrollo de aplicaciones cliente con base de datos Cassandra es más complejo (esquemas flexibles, dinámicos y des normalizados). (ZORRILLA, 2017)

#### **2.5.3 Redis**

Es una de las bases de datos para almacenar información de los conocidas como NoSQL. Almacena los datos en memoria por lo que es muy rápido y es usada como base de datos, como cache o broker de mensajes. Los datos no se almacenan en tablas como en los sistemas relacionales.

tradiciones RDBMS como PostgreSQL o MySQL sino en estructuras de datos como cadenas, hashes, listas, conjuntos, conjuntos ordenados con rangos, bitmaps, hyperloglogs e índices geoespaciales. Incorpora replicación, scripting con LUA, desalojo LRU, transacciones, diferentes niveles de persistencia en disco y alta disponibilidad con Redis Sentinel y particionalmente con Redis Cluster.. (GIL, 2015)

#### **2.5.3.1 Ventajas**

- Operaciones atómicas
- Escalable
- Excelente para el almacenamiento de datos de alta escritura, ya que maneja linked lists
- Fácil de acoplar en la nube, por ejemplo en AWS EC2
- Da más uso a la memoria que al disco
- Excelente para aplicaciones asincronas y puede tomar tareas que suelen hacerse con threads (GIL, 2015)

#### **2.5.3.2 Desventajas**

- No es eficiente (y probablemente no es eficaz) al trabajar con demasiadas relaciones entre los datos
- Con serias limitaciones en BI
- Más lento que gestores SQL en la lectura de datos (para bases de datos grandes) (GIL, 2015)

## 2.6 HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN

### 2.6.1 Lenguajes de programación

#### 2.6.1.1 Python

Python se le considera en el primer lugar de la lista de todos los lenguajes de desarrollo de AI debido a la simplicidad. Las sintaxis que pertenecen a python son muy simples y se pueden aprender fácilmente. Por lo tanto, muchos algoritmos de IA se pueden implementar fácilmente en él. Python tarda poco tiempo de desarrollo en comparación con otros lenguajes como Java, C++ o Ruby. (LIM, Mi vida programando con python, 2016)

Además, python admite estilos de programación orientados a objetos, funcionales y orientados a procedimientos. Hay muchas bibliotecas en python, lo que facilita nuestras tareas. Por ejemplo: Numpy es una librería para python que nos ayuda a resolver muchos cálculos científicos. Además, tenemos Pybrain, que es para usar el aprendizaje automático en Python. (LIM, Mi vida programando con python, 2016)

#### 2.1.3.1.1 Ventajas

- Soporta varias bases de datos.
- Es un lenguaje muy poderoso.
- Es un lenguaje multiplataforma.
- Posee un núcleo de lenguaje relativamente pequeño.
- Consta con el apoyo de muy buenas librerías.
- Fácil gestión de errores mediante las excepciones. (LIM, Mi vida programando con python, 2016)

#### 2.1.3.1.2 Desventajas

- Es un lenguaje interpretado lo que lo vuelve más lento

- La programación web en Python es compleja (LIM, Mi vida programando con python, 2016)

### **2.6.1.2 R**

R es uno de los lenguajes y entornos más efectivos para analizar y manipular los datos con fines estadísticos. Usando R, podemos producir fácilmente un publication-quality plot bien diseñado, incluyendo símbolos matemáticos y fórmulas donde sea necesario.

Además de ser un lenguaje de propósito general, R tiene numerosos paquetes como RODBC, Gmodels, Class y Tm que se utilizan en el campo del aprendizaje automático. Estos paquetes facilitan la implementación de algoritmos de aprendizaje automático para descifrar los problemas asociados de negocio. (EASYSADMIN, 2016)

#### **2.1.3.1.3 Ventajas**

- Es un lenguaje interpretado, funciona mediante comandos.
- R proporciona una amplia gama de herramientas estadísticas que incluyen análisis de datos y generación de gráficos. Este lenguaje tiene capacidad de generar gráficos de alta calidad. Estas características lo convierten en una potente herramienta de cálculo.
- Gracias a este lenguaje de programación los Data Scientists pueden manejar grandes volúmenes de datos.
- Puede integrarse con distintas bases de datos. Una de las ventajas más importantes de R es que funciona con diferentes tipos de hardware y software (Windows, Unix, Linux...)
- El lenguaje R ofrece la posibilidad de cargar bibliotecas y paquetes con diversas funcionalidades lo que permite a los usuarios extender su configuración básica.
- La comunidad en torno a R es muy activa por lo que es sencillo encontrar soluciones rápidamente a los problemas que los usuarios se puedan encontrar. (EASYSADMIN, 2016)

#### **2.1.3.1.4 Desventajas**

- R es un lenguaje de programación lento
- R es una herramienta errática para proyectos de machine learning
- No es fácil de utilizar para usuario sin conocimientos básicos de programación
- Se necesita un conocimiento amplio de estadística para operarlo
- Existen programas menos complejos de utilizar, con un producto final muy similar al programa R
- No tiene la capacidad de interactuar con Excel (EASYSADMIN, 2016)

#### **2.6.1.3 Java**

Java también se puede considerar como una buena opción para el desarrollo de inteligencia artificial. La inteligencia artificial tiene mucho que ver con algoritmos de búsqueda, redes neuronales artificiales y programación genética.

Java ofrece muchos beneficios: uso sencillo, facilidad de depuración, servicios de paquete, trabajo simplificado con proyectos a gran escala, representación gráfica de datos y una mejor interacción del usuario. También tiene la incorporación de Swing y SWT (Standard Widget Toolkit). Estas herramientas hacen que los gráficos y las interfaces se vean atractivos y sofisticados. (MURCIA, 2014)

#### **2.1.3.1.5 Ventajas**

- La multiplataforma. Tal vez sí que el precio por tenerla sea la lentitud, pero es que su principal orientación sea el rendimiento en sí sino la facilidad para desarrollar aplicaciones para distintas tecnologías (de escritorio, móvil, web...)
- Una vez aprendas su sintaxis, son muy fáciles de alternar.
- Es el JDK, una librería de clases bastante completa que se puede aprovechar gracias a un lenguaje perfectamente orientado a objetos que corriendo sobre la máquina virtual, te permite olvidarte de algo tan engoroso como es la gestión de memoria (ya sabéis, punteros, reserva y liberación de memoria...).

- Algo verbose pero eso también puede ser bueno, deja las cosas 'claras'
- Gran cantidad de recursos disponibles, tanto en librerías como en documentación y comunidad
- Más rápido que lenguajes interpretados y no mucho más lento que lenguajes compilados como siempre hay opción, no estás atado a ningún ide, librería o modo de hacer las cosas. (MURCIA, 2014)

#### **2.1.3.1.6 Desventajas**

- Es su sintaxis, si la comparamos con C# o Python la veo bastante engorrosa y al contrario que su semejante en .NET, C#, es un lenguaje que evoluciona muy lentamente.
- Ni de coña es tan rico en características (LINQ, tipado anónimo...)
- Su principal objetivo no es el rendimiento y esto aunque aporta una ventaja también un inconveniente.
- Está ES para la creación de aplicaciones multimedia o que impliquen funcionalidad mínimamente avanzada (de visión por computador).
- Es que sí que creo que es difícil de aprender, tomándolo como el primer lenguaje que se pretende conocer; para poder empezar a desarrollar aplicaciones con en él son necesarias unas nociones de orientación a objetos mínimas que para otros lenguajes (Python o C, por ejemplO) no te serían necesarias y con los que los conocimientos podrían ir escalándose poco a poco. (MURCIA, 2014)

#### **2.6.1.4 Lisp**

Lisp es una familia de lenguajes de programación descendientes de un lenguaje que John McCarthy inventó (o más exactamente, descubrió) a finales de 1950. Los dos dialectos principales ahora son Common Lisp y Scheme, estamos trabajando en un nuevo dialecto llamado Arc. (CARCAMO, 2016)

La manera de aprender cualquier lenguaje es escribir programas en este. Tienes dos

dialectos principales entre los cuales elegir: Scheme y Common Lisp. Cada uno tiene ventajas y desventajas, pero las diferencias entre ellos son muy pequeñas en comparación con las diferencias entre ellos y otros lenguajes, (CARCAMO, 2016)

Hay buenos libros sobre ambos dialectos, y muchas buenas implementaciones gratis. Así que consigue un libro y una implementación, y empieza a tratar de escribir programas. Lee código fuente existente para tener una idea del estilo de Lisp. Si tienes problemas, pregunta en comp.lang.lisp. Las personas ahí siempre están dispuestas a ayudar a los novatos. (CARCAMO, 2016)

#### **2.1.3.1.7 Ventajas**

- Posee un manejo de memoria automático.
- Incluye un mecanismo bastante simple para utilizar evaluación perezosa de expresiones. (CARCAMO, 2016)

#### **2.1.3.1.8 Desventajas**

- Código feo y difícil de comprender.
- Mas lento que los lenguajes estructurados. (CARCAMO, 2016)

#### **2.6.1.5 Prolog**

Prolog es un lenguaje de programación diseñado para representar y utilizar el conocimiento que se tiene sobre un determinado dominio. Los programas en Prolog responden preguntas sobre el tema del cual tienen conocimiento. Forma parte de lo que se conoce como programación declarativa. En lenguajes tradicionales se indica como resolver un problema, en la programación lógica se establecen hechos reales y reglas para así no saber como resolver el problema, sino que hacer para resolverlo. La popularidad de este lenguaje se debe a su capacidad de deducción y además es un lenguaje fácil de usar por su semántica y sintaxis. Sólo busca relaciones entre los objetos creados, las variables y las listas, que son su estructura básica. En este artículo se dará una reseña histórica, para entender los orígenes del Prolog, una pequeña

descripción del programa, así como las estructuras básicas y algunos operadores. También se mencionaron algunas ventajas y desventajas de Prolog, así como casos de uso. Por último se mostrarán tres ejemplos para mostrar la sintaxis y funcionamiento de Prolog. (PEREZ J. , 2016)

#### **2.1.3.1.9 Ventajas**

- Una ventaja desde el punto de vista del usuario es la facilidad para programar ya que se pueden escribir
- programas rápidamente, con pocos errores originando programas claramente legibles, aun si no se conoce muy bien el lenguaje.
- Otra ventaja de este tipo de lenguajes frente a otros, como Java o C++, es que no hay que pensar
- demasiado en la solución del problema, ya que Prolog infiere sus respuestas basándose en las reglas declaradas dentro del programa. (PEREZ J. , 2016)

#### **2.1.3.1.10 Desventajas**

- La resolución automática no siempre es eficiente, por lo que eventualmente se podría dar una respuesta incorrecta a una consulta.
- Ciertos problemas están ligados a la representación del conocimiento, que Prolog no posee.
- Prolog es algunas veces incapaz de reconocer que un problema es (para su propio conocimiento) inaplicable o insuficiente. Si el programa no contiene suficiente información para contestar una consulta,
- Es incapaz de reconocerlo y responde no. En esta situación sería más eficiente conocer que la respuesta no es negativa, sino que no es posible inferir un resultado.
- Los motores de inferencia poseen algunos límites. (PEREZ J. , 2016)

## **2.7 CLOUD COMPUTING**

En otras palabras, la definición de cloud computing es ofrecer servicios a través de la conectividad y gran escala de Internet. La computación en la nube democratiza el acceso a recursos de software de nivel internacional, pues es una aplicación de software que atiende a diversos clientes. La multilocación es lo que diferencia la computación en la nube de la simple tercerización y de modelos de proveedores de servicios de aplicaciones más antiguos. Ahora, las pequeñas empresas tienen la capacidad de dominar el poder de la tecnología avanzada de manera escalable. (MOTES, 2011)

La computación en la nube ofrece a los individuos y a las empresas de todos los tamaños la capacidad de un pool de recursos de computación con buen mantenimiento, seguro, de fácil acceso y bajo demanda, como servidores, almacenamiento de datos y solución de aplicaciones. Eso proporciona a las empresas mayor flexibilidad en relación a sus datos e informaciones, que se pueden acceder en cualquier lugar y hora, siendo esencial para empresas con sedes alrededor del mundo o en distintos ambientes de trabajo. Con un mínimo de gestión, todos los elementos de software de la computación en la nube pueden ser dimensionados bajo demanda, usted solo necesita conexión a Internet. (MOTES, 2011)

### **2.7.1 Google App Engine**

Es un servicio de Google que te permite alojar una aplicación web en la infraestructura de Google con ciertas restricciones. Este servicio fue lanzado en la primavera del 2008 como la plataforma de la nube en la cual cualquier persona puede alojar su código en la infraestructura de Google. GAE busca compartir la experiencia en computación distribuida de la empresa a través de un servicio en línea, brindándole al usuario: (MOTES, 2011)

- Configuración simple de la aplicación
- Ninguna administración de sistemas.
- Ningún tuneo para mejorar rendimiento

- Escala automáticamente

### **2.7.1.1 Ventajas**

- Reducción de costos: No hay necesidad de adquirir hardware y software lo que reduce costos operativos en infraestructura, mantenimiento y energía. En resumidas cuentas utilizamos la nube en vez de contratar a un servidor para la instalación y mantenimiento. (ORTIZ, 2015)
- Flexibilidad: El servicio de nube se paga de acuerdo a la demanda. Si, por ejemplo, una empresa los días treinta incrementa el movimiento de su área contable y financiera por pagos a empleados y proveedores, puede decidir que requiere mayor capacidad de proceso o de almacenamiento de datos, y pagará por una mayor demanda, pero sólo el día 30. (ORTIZ, 2015)
- Movilidad: Los datos de una empresa al quedar alojados en la nube pueden ser consultados por los empleados desde cualquier lugar. Debido a esto se está sufriendo una independencia del puesto físico de trabajo y de nuestro ordenador; lo que llamamos teletrabajo. (ORTIZ, 2015)
- Ecología: Usar la nube en una empresa reduce la huella de carbono de una empresa al ahorrar recursos y componentes que pasan de estar almacenados en componentes físicos a ser virtuales. Se ahorra también en consumo de energía con sus beneficios al medio ambiente. (ORTIZ, 2015)
- Escalabilidad: el precio para ampliar la plataforma (más capacidad, potencia, etc) es directamente proporcional a la ampliación que necesitemos. Una empresa pequeña comprará una o dos licencias mientras que una empresa mayor, que requiera más potencia, comprará 100, 400 o 1000. (ORTIZ, 2015)
- Se ahorra en equipamiento, pues ya no tendremos que preocuparnos si nuestros equipos se quedan obsoletos o si se han de cambiar, ya que la infraestructura corre a cuenta del proveedor. (ORTIZ, 2015)
- Ahorramos también en eficiencia en caídas y backups, pues las empresas proveedoras se encuentran realmente equipadas para hacer frente a posibles contingencias. (ORTIZ, 2015)

### **2.7.1.2 Desventajas**

- Seguridad: Se debe ser muy cuidadoso con el manejo de la información para evitar que los datos sean robados por hackers o extraviados en agujeros de seguridad. (ORTIZ, 2015)
- Privacidad: Datos confidenciales y sensibles como planes de mercadeo, lanzamientos de productos, información personal de empleados, datos financieros pueden quedar en manos de terceros si no se tienen las medidas preventivas. (ORTIZ, 2015)
- Conectividad: La velocidad de acceso a la información y la disponibilidad de las aplicaciones dependen de la velocidad de la conexión a internet. Sin acceso a Internet no hay Cloud Computing y este servicio puede caerse en cualquier momento por diversos factores. (ORTIZ, 2015)
- Dependemos completamente del proveedor y del buen uso de sus infraestructuras, así como de sus políticas de backups y actualizaciones.

### **2.7.2 Google Storage**

El Cloud Storage es básicamente guardar tus archivos en internet en lugar de utilizar el disco duro de tu computadora o discos externos como USBs. Es una manera de tener toda tu información disponible desde cualquier dispositivo que esté conectado a internet y desde cualquier lugar; por ejemplo, si yo vivo en Buenos Aires, y viajo a la Ciudad de México, al tener mi información guardada en la nube puedo acceder a ella sin la necesidad de llevar físicamente una unidad de respaldo. (Torres, 2017)

#### **2.7.2.1 Ventajas**

- Disponibilidad del servicio y/o aplicación web 24h/7días/365días.
- Abstracción de problemas de mantenimiento, soporte y instalación.
- Accesibilidad mediante diferentes tecnologías compatibles, tales como: pdas, móviles, portátiles, blackberrys, netbooks, etc.

- No saturación del uso del disco duro en el ordenador o aplicación que se usa, debido a que solo se necesita un navegador web, e internet. (Torres, 2017)

### **2.7.2.2 Desventajas**

- En ocasiones, puede que debido a una catástrofe natural o error humano, dicho servicio quede fuera de servicio, con las malas repercusiones a los clientes (nosotros).
- Guardar datos privados, fotos, videos, o información mucho más privada en estos servicios. A día de hoy parece que “no nos molesta”, pero, ¿realmente estamos todos de acuerdo y tranquilos dejando tantos datos a terceras personas? ¿dónde perdimos nuestra privacidad y libertad?
- Descontrol del manejo, almacenamiento y uso de esta información.
- Dependiendo de qué tecnología use ese servicio, un dispositivo u otro podrá acceder o no a usarlo. (Torres, 2017)

## **2.8 PATRONES DE ARQUITECTURA**

Los patrones arquitectónicos, o patrones de arquitectura, también llamados arquetipos ofrecen soluciones a problemas de arquitectura de software en ingeniería de software. Dan una descripción de los elementos y el tipo de relación que tienen junto con un conjunto de restricciones sobre cómo pueden ser usados. Un patrón arquitectónico expresa un esquema de organización estructural esencial para un sistema de software, que consta de subsistemas, sus responsabilidades e interrelaciones. En comparación con los patrones de diseño, los patrones arquitectónicos tienen un nivel de abstracción mayor. (REY, 2015)

### **2.8.1 MVC**

significa Modelo Vista Controlador, porque en este patrón de diseño se separan los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de negocio en tres

componentes distintos. Cuando la lógica de negocio realiza un cambio, es necesario que ella sea la que actualiza la vista. (REY, 2015)

- El Modelo que contiene una representación de los datos que maneja el sistema, su lógica de negocio, y sus mecanismos de persistencia. (FERNANDEZ, 2014)
- La Vista, o interfaz de usuario, que compone la información que se envía al cliente y los mecanismos interacción con éste. (FERNANDEZ, 2014)
- El Controlador, que actúa como intermediario entre el Modelo y la Vista, gestionando el flujo de información entre ellos y las transformaciones para adaptar los datos a las necesidades de cada uno. (FERNANDEZ, 2014)

### **2.8.2 MVVM**

El patrón Model-View-ViewModel (MVVM) ayuda a separar claramente la lógica de presentación y negocio de una aplicación de su interfaz de usuario (UI). Mantener una separación clara entre la lógica de la aplicación y la interfaz de usuario ayuda a abordar numerosos problemas de desarrollo y puede hacer que una aplicación sea más fácil de probar, mantener y evolucionar. También puede mejorar enormemente las oportunidades de reutilización del código y permite a los desarrolladores y diseñadores de UI colaborar más fácilmente al desarrollar sus respectivas partes de una aplicación. (SANTANDER, 2017)

### **2.8.3 MVP**

“El Patrón Modelo-Vista-Presentador (MVP) surge para ayudar a realizar pruebas automáticas de la interfaz gráfica, para ello la idea es codificar la interfaz de usuario lo más simple posible, teniendo el menor código posible, de forma que no merezca la pena probarla. En su lugar, toda la lógica de la interfaz de usuario, se hace en una clase separada (que se conoce como Presentador), que no dependa en absoluto de los componentes de la interfaz gráfica y que, por tanto, es más fácil de realizar pruebas. (REY, 2015)

## **2.9 METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS**

Al igual que para desarrollar un sistema de información convencional existen varias metodologías de desarrollo como la Ingeniería de la Información, tendencias estructuradas y orientadas a objetos, así existen varias metodologías para desarrollar un sistema experto. Como ya sabemos el área de sistemas expertos es relativamente joven por lo cual no se dispone de una única metodología, sino que cada autor propone una de acuerdo a su forma de desarrollo. Sin embargo, existen algunas que han tenido éxito más que otras lo cual ha llevado a su mayor difusión. (AGUERRO, Ingenieria, 2013)

Esquema general de la metodología (AGUERRO, Ingenieria, 2013)

- Metodología de Buchanan
- Metodología de Grover
- Metodología de Brule
- Metodología de Blanque y García Martínez

### **2.9.1 Metodología de Buchanan**

La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre el Ingeniero de Conocimiento y el Experto de Campo

Se destacan 6 etapas fundamentales (MELISA, 2016)

#### **2.9.1.1 Características**

- Es una herramienta utilizada 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 errores (MELISA, 2016)

## **2.9.1.2 Etapas de Buchanan**

### **a) Identificación**

- Se identifican los participantes y roles, los recursos, fuentes de conocimiento.
- Se establecen las facilidades computacionales y presupuestos.
- Se identifican los objetivos o metas. (MELISA, 2016)

### **b) Conceptualización**

- Se analizarán los conceptos vertidos por el Experto de Campo
- Los mismos serán tomados en cuenta con sumo interés, pues el Experto de Campo es quién conoce en detalle los fundamentos particulares del tema a investigar. (MELISA, 2016)

### **c) Formalización**

- Se identifican los conceptos relevantes e importantes.
- El resultado de formalizar el diagrama de información conceptual y los elementos subproblemas es una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento. (MELISA, 2016)

### **d) Implementación**

- Se formaliza el conocimiento obtenido del Experto y se elige la organización, el lenguaje y el ambiente de programación. (MELISA, 2016)

### **e) Testeo**

- Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose la performance del sistema. (MELISA, 2016)

### **f) Revisión del prototipo**

- Se reformulan los conceptos.
- Se rediseña y refina el prototipo. (MELISA, 2016)

## **2.9.2 Metodología de Brulé**

Muchos de los trabajos en SE no son dirigidos correctamente., En la mayoría de los casos el problema se encuentra en la construcción del software y no en la adquisición del conocimiento. (SUAREZ, 2014)

### **2.9.2.1 Etapas de Brulé**

#### **a) Pre-planeamiento**

Donde se define el problema, se investiga la factibilidad del proyecto, el costo de conducción, probabilidad de éxito. (SUAREZ, 2014)

#### **b) Diseño y especificación**

Se crea el equipo de trabajo, estructuran las perspectivas, se planifica la primera sesión y se define le modelo perspectiva inicial mediante la creación de un prototipo demostrativo. (SUAREZ, 2014)

#### **c) Desarrollo temprano:**

El equipo realiza su primer esfuerzo de desarrollo. El final de esta será un diseño relativamente estable. (SUAREZ, 2014)

#### **d) Implementación:**

Donde si el diseño es satisfactorio, comienza la implementación. Es un proceso interactivo, definición del sistema, construcción e implementación.

#### **e) Evaluación:**

Se verifica y valida el sistema experto y se establece la performance del sistema. (SUAREZ, 2014)

#### **f) Supervisión:**

Consiste en un testeo en línea, en un ambiente limitado y controlado. (SUAREZ, 2014)

**g) Mantenimiento:**

En todo sistema se requiere de un mantenimiento para poder existir y/o progresar, como así también la actualización del sistema. (SUAREZ, 2014)

La característica más importante de esta metodología es el desarrollo de un SE temprano, que incrementalmente converge al sistema experto final. (SUAREZ, 2014)

### **2.9.3 Metodología Javier Blanquet Y García Martínez**

La característica más importante es la etapa de planteo de causalidades, ya que los grafos de causalidades son una excelente herramienta para la representación del conocimiento previo a la formalización de reglas y la verificación, ya que compara el procedimiento que realiza el experto de campo con el que realizará el sistema; pudiendo establecer la performance del sistema. (SUAREZ, 2014)

#### **2.9.3.1 Etapas de Javier y García**

**a) Adquisición del conocimiento:**

- Se realiza el relevamiento del conocimiento involucrado haciéndole tener en cuenta al experto que se debe explayar lo más posible.
- De esta manera tratar de extraerle no sólo el conocimiento específico del dominio de la aplicación sino también los conocimientos conexos. . (SUAREZ, 2014)

**b) Enunciación de conceptos:**

- Se analiza el conocimiento y se toma nota de los conceptos más frecuentemente utilizados por el experto, esto se logra mediante la observación del experto sobre determinadas ideas.

- Resulta conveniente mostrarle una lista de tales conceptos al experto, y que él realice una clasificación del tipo: conceptos primarios y secundarios. . (SUAREZ, 2014)

**c) Parametrización de conceptos:**

- Tomar los valores que se encuentran asociados a los conceptos.
- Por ejemplo: Presencia / Ausencia. Alto / Medio / Bajo. Funciona / No funciona. . (SUAREZ, 2014)

**d) Planteo de causalidades:**

- Se establecen las relaciones de causalidad entre los distintos conceptos por medio de grafos causales y luego de esto se redactan las reglas asociadas. (SUAREZ, 2014)

**e) Verificación:**

- Consiste en la verificación de la aceptabilidad de las reglas con el experto de campo.
- Se puede realizar usando casos de testeo que sean considerados típicos, se comparan los resultados con los datos para los mismos casos por los expertos humanos, y en base a la comparación se decidirá si se modifican, eliminan o aceptan las reglas involucradas. (SUAREZ, 2014)

## 2.10 REDES BAYESIANAS

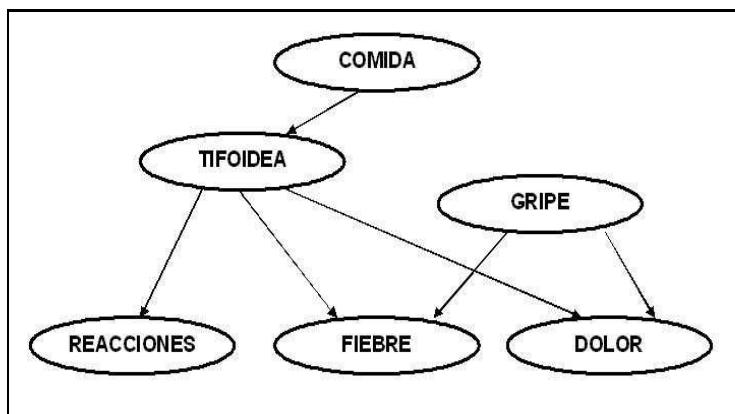
Las redes bayesianas son una representación gráfica de dependencias para razonamiento probabilístico, en la cual los nodos representan variables aleatorias y los arcos representan relaciones de dependencia directa entre las variables. La Figura 1.1 muestra un ejemplo hipotético de una red bayesiana (RB) que representa cierto conocimiento sobre medicina. En este caso, los nodos representan enfermedades, síntomas y factores que causan algunas enfermedades. La variable a la que apunta un arco es dependiente de la que está en el origen de éste, por ejemplo, fiebre depende de tifoidea y gripe en la red de la Figura La topología o estructura de la red nos da información sobre las dependencias probabilísticas entre las variables. La red también representa las independencias condicionales de una variable (o conjunto de

variables) dada(s) otra(s) variable(s). Por ejemplo, en la red de la Figura, reacciones es cond. indep. de C,G,F,D dado tifoidea. (Donde: C es comida, T es tifoidea, G es gripe, R es reacciones, F es fiebre y D es Dolor). Esto es: (SUCAR, 2016)

$$P(R|C,T,G,F,D) = P(R|T)$$

Esto se representa gráficamente por el nodo T separando al nodo R del resto de las variables. (SUCAR, 2016)

**FIGURA 7 RED TIFOIDEA Y GRIPE**



Fuente:Sucar, 2016

En una RB todas las relaciones de independencia condicional representadas en el grafo corresponden a relaciones de independencia en la distribución de probabilidad. Dichas independencias simplifican la representación del conocimiento (menos para ‘metros’ y el razonamiento (propagación de las probabilidades). Una red bayesiana representa en forma gráfica las dependencias e independencias entre variables aleatorias, en particular las independencias condicionales. Lo anterior se representa con la siguiente notación, para el caso de X independiente de Y dado Z: (SUCAR, 2016)

- Independencia en la distribución:  $P(X|Y,Z) = P(X|Z)$ .
- Independencia en el grafo:  $I < X | Z | Y >$ .

La independencia condicional se verifica mediante el criterio de separación-D. Antes de definir formalmente la separación-D, es necesario distinguir tres tipos de nodos de acuerdo a las direcciones de los arcos que inciden en el nodo: (SUCAR, 2016)

- Nodos en secuencia:  $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ .
- Nodos divergentes:  $X \leftarrow Y \rightarrow Z$ .
- Nodos convergentes:  $X \rightarrow Y \leftarrow Z$ .

### Separación D

El conjunto de variables A es independiente del conjunto B dado el conjunto C, si no existe trayectoria entre A y B en que: (SUCAR, 2016)

- Todos los nodos convergentes están o tienen descendientes en C.
- Todos los demás nodos están fuera de C.

Por ejemplo, en la Figura, R es independiente de C dado T, pero T y G nos son independientes dado F.

Dada una distribución de probabilidad o modelo (M) y una representación gráfica de dependencias o grafo (G) debe existir una correspondencia entre las independencias representadas en ambos. En una RB, cualquier nodo X es independiente de todos los nodos que no son sus descendientes dados sus nodos padres,  $Pa(X)$ , denominado el contorno de X. La estructura de una RB se especifica indicando el contorno (padres) de cada variable. La estructura de la RB en la Figura se especifica de la siguiente manera: (SUCAR, 2016)

- $Pa(C) = \emptyset$
- $Pa(T) = C$
- $Pa(G) = \emptyset$
- $Pa(R) = T$
- $Pa(F) = T, G$
- $Pa(D) = T, G$

La cobija de Markov (manto de Markov, Markov Blanquet) de un nodo es el conjunto de nodos que lo hacen independiente del resto de la red. Para una RB, la cobija de Markov esta' formada por: (SUCAR, 2016)

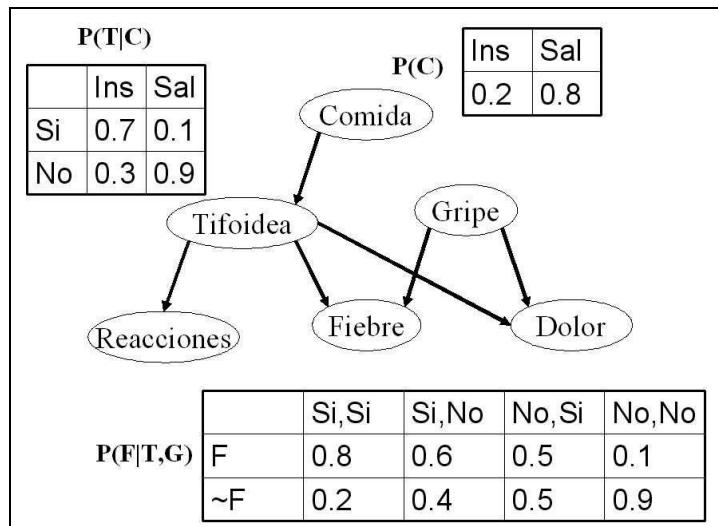
- Nodos padres.
- Nodos hijo.
- Otros padres de los hijos.

Completa la definición de una red bayesiana las probabilidades condicionales de cada variable dados sus padres: (SUCAR, 2016)

- Nodos raíz: vector de probabilidades marginales.
- Otros nodos: matriz de probabilidades condicionales dados sus padres.

Se ilustra un ejemplo de algunas de las matrices de probabilidad asociadas al ejemplo de la Figura.

**FIGURA 8 RED TIFOIDEA, GRIPE Y MATRIZ DE PROBABILIDAD**



Fuente:Sucar, 2016

Parámetros asociados a una red bayesiana. Se muestran las tablas de probabilidad condicional de algunas de las variables de la red bayesiana de la Figura, probabilidad a priori de Comida,  $P(C)$ ; probabilidad de Tifoidea dada Comida,  $P(T | C)$ ; y probabilidad de Fiebre dada Tifoidea y Gripe,  $P(F | T, G)$ . En este ejemplo se asume que todas las variables son binarias. (CASTILLO, 1998, pág. 53)

Dado que los contornos (padres) de cada nodo especifican la estructura, mediante las probabilidades condicionales de dichos nodos podemos especificar también las probabilidades requeridas. Aplicando la regla de la cadena y las independencias condicionales, se puede verificar que con dichas probabilidades se puede calcular la probabilidad conjunta. En general, la probabilidad conjunta se especifica por el producto de las probabilidades de cada variable dados sus padres: (CASTILLO, 1998, pág. 53)

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod P(X_i | Pa(X_i))$$

El tamaño de la tabla de probabilidad condicional crece exponencialmente con el número de padres de un nodo, por lo que puede crecer demasiado. Una forma de reducir este problema es utilizando ciertos modelos para representar las tablas sin requerir especificar todas las probabilidades, utilizando lo que se conoce como modelos canónicos. Los principales tipos de modelos canónicos son: (CASTILLO, 1998, pág. 53)

- Modelo de interacción disyuntiva (Noisy OR).
- Modelo de interacción conjuntiva (Noisy AND).
- Compuerta Max (Noisy Max gate).
- Compuerta Min (Noisy Min gate).

El modelo canónico más común es el Noisy-OR, que se aplica cuando varias causas pueden ocasionar un efecto cada una por sí sola, y la probabilidad del efecto no disminuye si se presentan varias causas. Por ejemplo, este modelo se puede aplicar cuando varias enfermedades pueden producir el mismo síntoma. En este caso solo se especifica un parámetro por cada nodo padre, considerando variables binarias, en vez de  $2^n$ , donde n es el número de padres.

Otras formas compactas de representar las tablas de probabilidad condicional son mediante árboles de decisión y redes neuronales. (CASTILLO, 1998, pág. 53)

### **2.10.1 Inferencia**

El razonamiento probabilístico o propagación de probabilidades consiste en propagar los efectos de la evidencia a través de la red para conocer la probabilidad a posteriori de las variables. Es decir, se le dan valores a ciertas variables (evidencia), y se obtiene la probabilidad posterior de las demás variables dadas las variables conocidas (el conjunto de variables conocidas puede ser vacío, en este caso se obtienen las probabilidades a priori). Existen diferentes tipos de algoritmos para calcular las probabilidades posteriores, que dependen del tipo de grafo y de si obtienen la probabilidad de una variable a la vez o de todas. Los principales tipos de algoritmos de inferencia son: (CASTILLO, 1998, pág. 53)

- Una variable, cualquier estructura: algoritmo de eliminación (variable elimination).
- Cualquier variable, estructuras sencillamente conectadas: algoritmo de propagación de Pearl.
- Cualquier variable, cualquier estructura: (i) agrupamiento (junction tree), (ii) simulación estocástica, y (iii) condicionamiento.

A continuación, veremos el algoritmo de propagación en arboles' y poli árboles, que se ilustran en la Figura y después el de agrupamiento o árbol' de uniones.

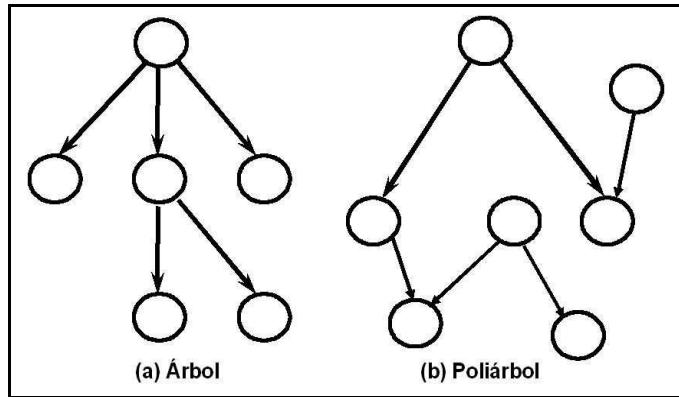
### **2.10.2 Propagación en arboles**

Este algoritmo se aplica a estructuras de tipo árbol, y se puede extender a poli árboles (grafos sencillamente conectados en que un nodo puede tener más de un parente). (CASTILLO, 1998, pág. 53)

Dada cierta evidencia E, representada por la instanciación de ciertas variables, la probabilidad posterior de cualquier variable B, por el teorema de Bayes.

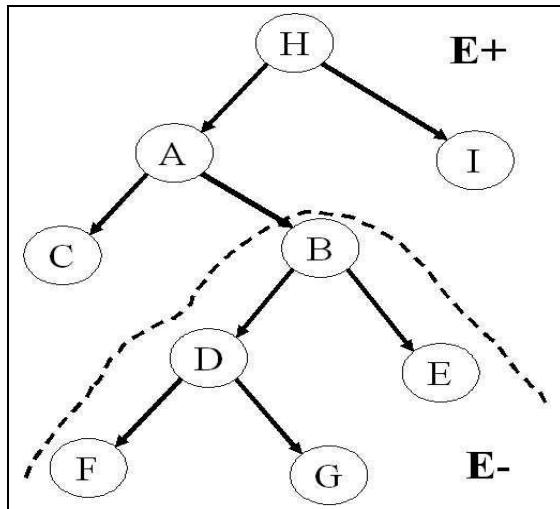
$$P(B_i|E) = P(B_i)P(E|B_i)/P(E) \quad (\text{CASTILLO, 1998, pág. 53})$$

**FIGURA 9 ÁRBOL Y POLI ÁRBOL**



Fuente:Castillo, 1998

**FIGURA 10 ESTRUCTURA ÁRBOL Y POLI ÁRBOL**



Fuente:Castillo, 1998

Figure Propagación en árboles. En un árbol, cualquier nodo (B) divide la red en dos sub grafos condicionalmente independientes, E+ y E-.

Ya que la estructura de la red es un árbol, el Nodo B la separa en dos sub árboles, por lo que podemos dividir la evidencia en dos grupos: (CASTILLO, 1998, pág. 53)

- E-: Datos en el árbol que cuya raíz es B.

- E+: Datos en el resto del árbol.

Entonces:

$$P(B_i|E) = P(B_i)P(E-, E+ | B_i)/P(E)$$

Pero, dado que ambos son independientes y aplicando nuevamente a Bayes:

$$P(B_i|E) = \alpha P(B_i|E+)P(E- | B_i)$$

Donde  $\alpha$  es una constante de normalización Si definimos los siguientes términos:

$$\lambda(B_i) = P(E- | B_i) \quad (1.6) \quad \pi(B_i) = P(B_i|E+)$$

Entonces:

$$P(B_i|E) = \alpha\pi(B_i)\lambda(B_i)$$

En base a la ecuación anterior, se puede integrar un algoritmo distribuido para obtener la probabilidad de un nodo dada cierta evidencia. Para ello, se descompone el cálculo en dos partes: (i) evidencia de los hijos ( $\lambda$ ), y (ii) evidencia de los demás nodos ( $\pi$ ). Cada nodo guarda los valores de los vectores  $\pi$  y  $\lambda$ , así como las matrices de probabilidad  $P$ . La propagación se hace por un mecanismo de paso de mensajes, en donde cada nodo envía los mensajes correspondientes a su padre e hijos. Mensaje al padre (hacia arriba), nodo B a su padre A: (CASTILLO, 1998, pág. 53)

$$\lambda_B(A_i) = X P(B_j | A_i) \lambda(B_j)$$

Mensaje a los hijos (hacia abajo), nodo B a su hijo  $S_k$ :

$$\pi_k(B_i) = \alpha\pi(B_j)Y\lambda_l(B_j)$$

Al instanciarse ciertos nodos, éstos envían mensajes a sus padres e hijos, y se propagan hasta llegar a la raíz u hojas, o hasta encontrar un nodo instanciado. Al final de la propagación, cada nodo tiene un vector  $\pi$  y un vector  $\lambda$ . Entonces se obtiene la probabilidad simplemente multiplicando ambos (termino por termino) de acuerdo a la ecuación 1.8. La propagación se realiza una sola vez en cada sentido (hacia la raíz y hacia las hojas), en un tiempo proporcional al diámetro (distancia de la raíz a la hoja más lejana) de la red. (CASTILLO, 1998, pág. 53)

Este algoritmo se puede extender fácilmente para poli árboles, pero no se aplica en redes multi conectadas. En este caso hay varios algoritmos, en la siguiente sección analizaremos el de árbol de uniones'. (CASTILLO, 1998, pág. 53)

### 2.10.3 Propagación en redes multi conectadas

El algoritmo general más común en redes bayesianas es el de agrupamiento o árbol de uniones junction tree. El método de agrupamiento consiste en transformar la estructura de la red para obtener un árbol, mediante agrupación de nodos usando la teoría de grafos. Para ello, se hace una transformación de la red a un árbol' de uniones (grupos de nodos) mediante el siguiente procedimiento: (PUERTA, 1998, pág. 67)

- Eliminar la direccionalidad de los arcos.
- Ordenamiento de los nodos por máxima cardinalitas.
- Moralizar el grafo (arco entre nodos con hijos comunes).
- Triangular el grafo.
- Obtener los cliques y ordenar.
- Construir árbol de cliques.

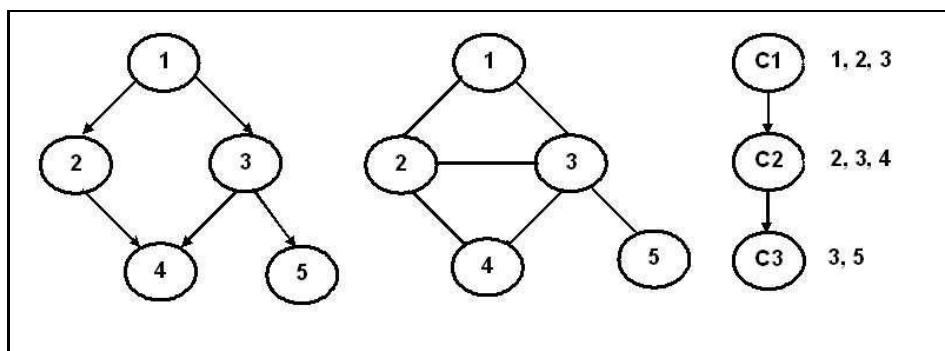
Un clique es un subconjunto de nodos completamente conectados máximo, de forma que hay un arco entre cada par de nodos, y no existe un conjunto completamente conectado del que 'este sea subconjunto. La Figura ilustra esta transformación para una red sencilla. Para los detalles del algoritmo bance las referencias al final del capítulo.

Una vez transformado el grafo, la propagación es mediante el envío de mensajes en el árbol de uniones o cliques (en forma similar a arboles). Inicialmente se calcula la probabilidad conjunta (potencial) de cada clique, y la condicional dado el padre. Dada cierta evidencia se recalculan las probabilidades de cada clique. La probabilidad individual de cada variable se obtiene de la del clique por marginalización. (PUERTA, 1998, pág. 67)

En el peor caso, la propagación en redes bayesianas es un problema NP duro. En la práctica, en muchas aplicaciones se tienen redes no muy densamente conectadas y la propagación es eficiente aun para redes muy grandes (función del clique mayor).

Para redes muy complejas (muchas conexiones), la mejor alternativa son técnicas de simulación estocástica o técnicas aproximadas. (PUERTA, 1998, pág. 67)

**FIGURA 11 TRANSFORMACIÓN DE UNA RED A UN ÁRBOL DE UNIONES**



Fuente:Puerta, 1998

#### 2.10.4 Clasificadores bayesianos

diferentes clases predefinidas. Los clasificadores bayesianos son ampliamente utilizados debido a que presentan ciertas ventajas: (PUERTA, 1998, pág. 67)

- Generalmente, son fáciles de construir y de entender.
- Las inducciones de estos clasificadores son extremadamente rápidas, requiriendo solo un paso para hacerlo.
- Es muy robusto considerando atributos irrelevantes.
- Toma evidencia de muchos atributos para realizar la predicción final.

Un clasificador bayesiano puede ver como un caso especial de una red bayesiana en la cual hay una variable especial que es la clase y las demás variables son los atributos. La estructura de esta red depende del tipo de clasificador, como veremos más adelante. (PUERTA, 1998, pág. 67)

## 2.10.5 Clasificador bayesiano simple

Un clasificador bayesiano obtiene la probabilidad posterior de cada clase,  $C_i$ , usando la regla de Bayes, como el producto de la probabilidad a priori de la clase por la probabilidad condicional de los atributos ( $E$ ) dada la clase, dividido por la probabilidad de los atributos: (PUERTA, 1998, pág. 67)

$$P(C_i | E) = P(C_i)P(E | C_i)/P(E)$$

El clasificador bayesiano simple (naive Bayes classifier, NBC) asume que los atributos son independientes entre si dada la clase, así que la

probabilidad se puede obtener por el producto de las probabilidades condicionales individuales de cada atributo dado el nodo clase:

$$P(C_i | E) = P(C_i)P(E_1 | C_i)P(E_2 | C_i)\dots P(E_n | C_i) | C_i)/P(E) \quad (1.12)$$

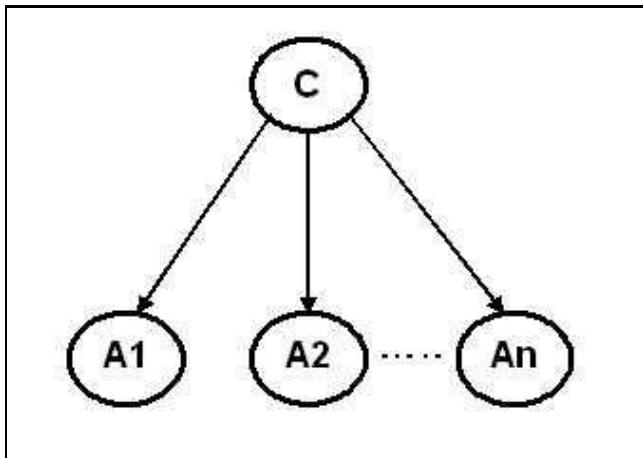
Donde  $n$  es el número de atributos. Esto hace que el número de parámetros se incremente linealmente con el número de atributos, en vez de hacerlo en forma exponencial. Gráficamente, un NBC se puede representar como una red bayesiana en forma de estrella, con un nodo de la raíz,  $C$ , que corresponde a la variable de la clase, que está conectada con los atributos,  $E_1, E_2, \dots, E_n$ . Los atributos son condicionalmente independientes dada la clase, de tal manera que no existen arcos entre ellos. Esta estructura se ilustra en el Figura

Dado que la estructura de un clasificador bayesiano simple está predeterminada, solo es necesario aprender los parámetros asociados, que son: (PUERTA, 1998, pág. 67)  
 $P(C)$ : vector de probabilidades a priori para cada clase.

$P(E_i | C)$ : matriz de probabilidad condicional para cada atributo dada la clase.

Estos parámetros se pueden estimar fácilmente, a partir de los datos, en base a frecuencias. El denominador en la ecuación 1.12 no se requiere, ya que es una constante; es decir, no depende de la clase. Al final se pueden simplemente (PUERTA, 1998, pág. 67)

**FIGURA 12 CLASIFICADOR BAYESIANO SIMPLE**



Fuente:Puerta, 1998

normalizar las probabilidades posteriores de cada clase (haciendo que sumen uno). Aunque el clasificador bayesiano simple funciona muy bien (tiene una alta precisión en clasificación) en muchos dominios, en ocasiones su rendimiento decrece debido a que los atributos no son condicionalmente independientes como se asume. En las secciones siguientes veremos dos enfoques para resolver esta limitación. (PUERTA, 1998, pág. 67)

#### **2.10.6 Extensiones al clasificador bayesiano**

Cuando se tienen atributos dependientes, una forma de considerar estas dependencias es extendiendo la estructura básica de NBC agregando arcos entre dichos atributos. Existen dos alternativas básicas: TAN: clasificador bayesiano simple aumentado con un árbol. BAN: clasificador bayesiano simple aumentado con una red. (PUERTA, 1998, pág. 67)

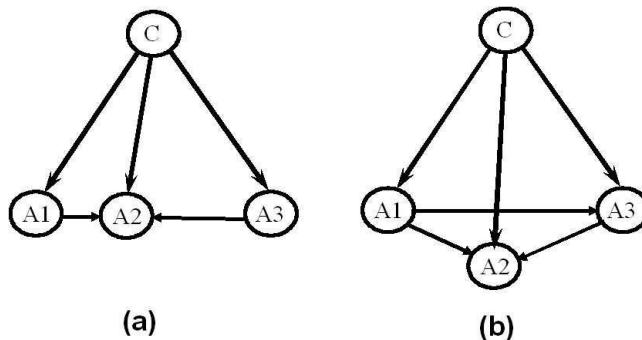
En ambos casos se extiende el NBC agregando una estructura de dependencias entre los atributos. En el TAN, se agrega una estructura de árbol entre los atributos, de forma que se tienen en principio 'pocas' conexiones y no aumenta demasiado la complejidad de la estructura. Para el BAN se agrega una estructura general de dependencia entre atributos, sin limitaciones. Dichas estructuras, tanto la de árbol'

como la general, se pueden aprender mediante los algoritmos de aprendizaje estructural que veremos más adelante. Una vez obtenida la estructura de dependencia entre atributos, se agregan arcos de la clase a cada uno de los atributos. La Figura 1.7 muestra un ejemplo de BAN y uno de TAN.

En algunos dominios, la precisión de la clasificación aumenta utilizando TAN o BAN, pero no hay uno claramente mejor al otro; y en ciertos casos el NBC (PUERTA, 1998, pág. 67)

### 2.10.7 Clasificadores bayesianos

FIGURA 13 EXTENSIONES AL CLASIFICADOR BAYESIANO SIMPLE



Fuente:Puerta, 1998

Da una mayor precisión. La desventaja de estas extensiones es que aumenta la complejidad (y el tiempo) tanto para aprender el modelo como para clasificación. Otra alternativa es tratar de mantener la misma estructura sencilla del NBC pero considerando las dependencias entre atributos, la cual veremos a continuación. (PUERTA, 1998, pág. 67)

#### 2.10.7.1 Mejora estructural de un clasificador bayesiano

El clasificador bayesiano simple asume que los atributos son independientes dada la clase. Si esto no es verdad, existen dos alternativas básicas. Una es transformar la estructura del clasificador a una red bayesiana, introduciendo arcos dirigidos entre los

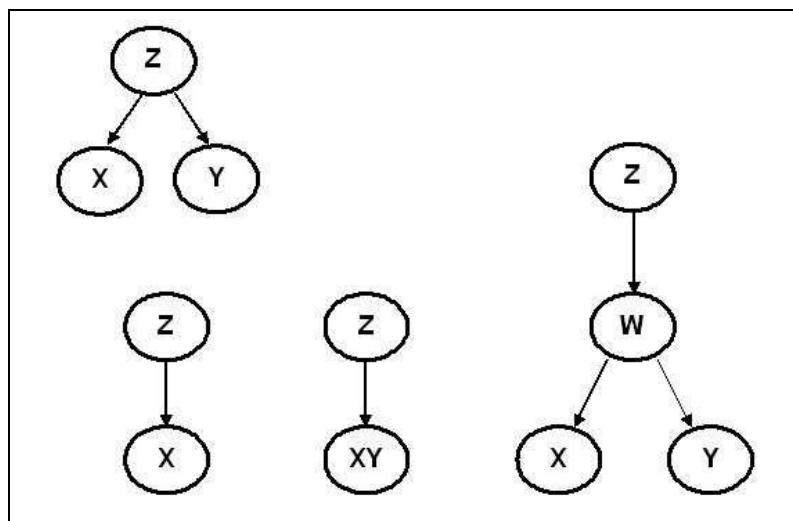
atributos dependientes, como vimos en la sección anterior. La desventaja es que la simplicidad del NBC se pierde, ya que aprender el modelo y después clasificar nuevos casos llega a ser más complejo. La otra alternativa es transformar la estructura, pero mantener una estructura de estrella o una estructura de árbol. Para esto, se introducen tres operaciones básicas:

- Eliminar un atributo,
- Unir dos atributos en una nueva variable combinada,
- Introducir un nuevo atributo que haga que dos atributos dependientes sean independientes (nodo oculto).

Se ilustra las tres operaciones. (PUERTA, 1998, pág. 67)

Para aprender el modelo se hace un proceso iterativo, en que se van probando en forma alternada las tres operaciones, de la más sencilla (eliminar un atributo) hasta la más compleja (introducir un nuevo atributo). Esta búsqueda puede ser guiada midiendo la dependencia entre pares de atributos condicionada a la clase, de forma que los pares de atributos con mayor dependencia sean analizados (PUERTA, 1998, pág. 67)

**FIGURA 14 MEJORA ESTRUCTURAL A UN CLASIFICADOR BAYESIANO SIMPLE**



Fuente:Puerta, 1998

Primero. La dependencia se puede medir mediante el cálculo de la información mutua entre pares de atributos X,Y dada la clase C:

$$I(X_i, X_j | C) = \sum_{X_i, X_j} P(X_i, X_j | C) \log(P(X_i, X_j | C) / P(X_i | C)P(X_j | C))$$

X<sub>i</sub>,X<sub>j</sub>

En base a lo anterior puede integrarse el siguiente Algoritmo de Mejora Estructural:

- Obtener la información mutua condicional (IMC) entre cada par de atributos.
- Seleccionar el par de atributos de IMC mayor.
- Probar las tres operaciones básicas (i) eliminación, (ii) unión, (iii) inserción.
- Evaluar las tres estructuras alternativas y la original, y quedarse con la 'mejor' opción.
- Repetir 2–4 hasta que ya no mejore el clasificador.

Para evaluar las estructuras alternativas pueden usarse dos enfoques. Uno es evaluar el clasificador (con datos de prueba), lo cual en principio es mejor, pero más costoso. El otro enfoque consiste en medir la calidad de la estructura resultante, por ejemplo, basado en el principio de longitud de descripción mínima (MDL), el cual se describe en la siguiente sección. El caso de inserción de un nodo es más complejo (ver sección al final del capítulo de lecturas adicionales)

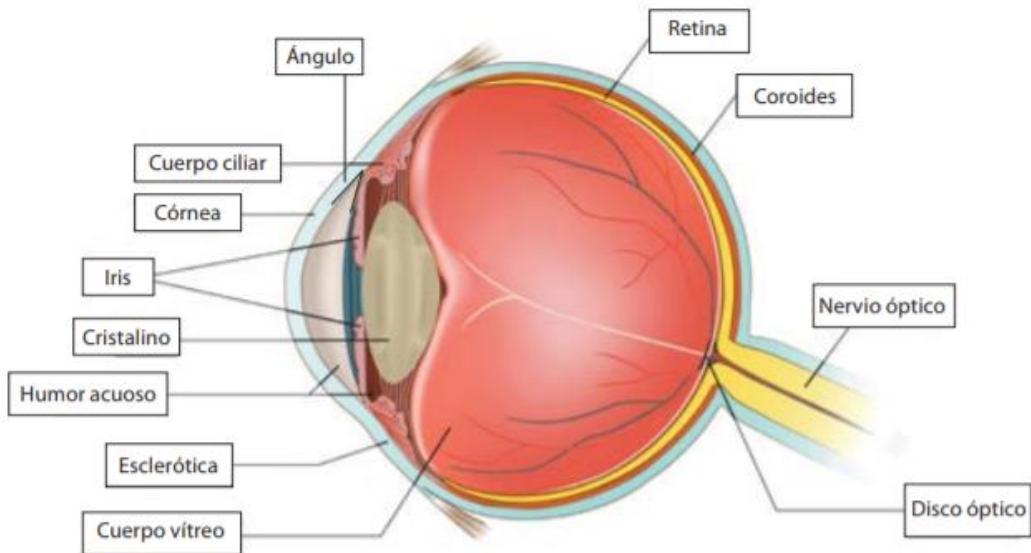
## 2.11 EL GLAUCOMA

El glaucoma es una enfermedad ocular que disminuye gradualmente la vista. Por lo general, no presenta ningún síntoma en sus etapas iniciales. Sin el tratamiento adecuado, el glaucoma puede provocar ceguera. La buena noticia es que con exámenes oftalmológicos frecuentes, la detección temprana y el tratamiento puede preservarse la vista. Esta guía le proporcionará una introducción completa sobre los hechos del glaucoma.

### 2.11.1 Cómo funciona el ojo

Una capa blanca y resistente llamada esclerótica protege el ojo. Una membrana transparente y delicada llamada conjuntiva cubre la esclerótica. La córnea es la parte transparente de la cubierta protectora del ojo que permite la entrada de luz. El iris es la parte de color del ojo que se contrae y se expande para que la pupila deje entrar solo la cantidad adecuada de luz en los ojos. El cristalino enfoca la luz sobre la retina (el recubrimiento posterior del ojo). Las fibras nerviosas de la retina llevan las imágenes al cerebro por medio del nervio óptico.

FIGURA 15 FUNCIONAMIENTO DEL OJO



Fuente:Suarez, 2017

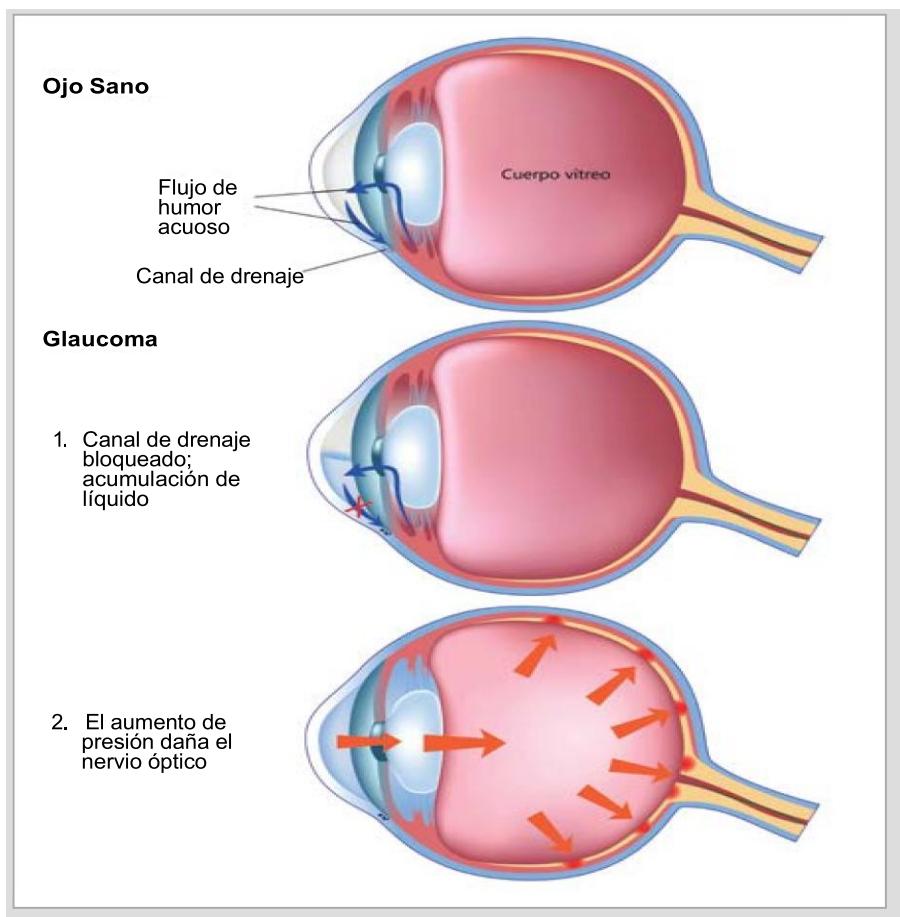
### 2.11.2 Drenaje de ojo sano

La parte anterior del ojo está llena de un líquido transparente (llamado líquido intraocular o humor acuoso) producido por el cuerpo ciliar. El líquido sale a través de la pupila para luego ser absorbido en el torrente sanguíneo por medio del sistema de drenaje del ojo, llamado malla trabecular (una red de canales de drenaje). La malla trabecular está ubicada en el ángulo, que es el espacio entre la parte transparente del

ojo (córnea) y la parte de color (iris), cerca del punto de encuentro de estas estructuras en la periferia del iris. El drenaje adecuado ayuda a mantener la presión ocular a nivel normal. La producción, el flujo y el drenaje de este líquido es un proceso activo y continuo necesario para la salud del ojo.

La presión interna del ojo (presión intraocular o PiO) depende del equilibrio entre la producción y el drenaje de líquido acuoso en el ojo. Si el sistema de drenaje del ojo funciona correctamente, el líquido sale libremente sin acumularse. Asimismo, si el sistema de líquido del ojo funciona correctamente, se puede producir la cantidad de líquido adecuada. La PiO puede variar a lo largo del día, pero por lo general se mantiene dentro de un rango manejable.

**FIGURA 16 DRENAJE SANO**



Fuente: Suarez, 2017

#### **2.11.2.1 El ojo con glaucoma**

En la mayoría de los tipos de glaucoma, el sistema de drenaje del ojo se obstruye y el líquido intraocular no puede drenar. Al acumularse, causa un aumento de presión en el interior del ojo. La presión elevada daña el nervio óptico que es muy sensible y provoca la pérdida de la vista.

#### **2.11.2.2 El disco óptico**

El ojo tiene millones de fibras nerviosas que van desde la retina al nervio óptico, las cuales se juntan en el disco óptico. Conforme aumenta la presión del líquido dentro del ojo, daña estas fibras nerviosas sensibles y empiezan a morir. Cuando esto ocurre, el disco óptico comienza a ahuecarse y adopta una forma de copa o curva. Si la presión se mantiene muy alta por demasiado tiempo, el exceso de presión puede dañar el nervio óptico y provocar la pérdida de la vista.

#### **2.11.2.3 Presión intraocular**

Anteriormente se pensaba que la presión intraocular (PiO) elevada era la causa principal del daño del nervio óptico. Aunque claramente constituye un factor de riesgo, ahora sabemos que también pueden intervenir otros factores, ya que las personas con PiO “normal” pueden sufrir pérdida de la vista por glaucoma.

### **2.11.3 Cómo se produce la pérdida de la visión**

Por lo general, el glaucoma se produce en ambos ojos, pero, a menudo, la presión que ejerce el exceso de líquido suele comenzar a acumularse primero en un solo ojo. Este daño puede causar cambios graduales en la visión y la pérdida de la vista. Con frecuencia, la visión periférica (lateral) se afecta primero, por lo que el cambio en la vista suele ser pequeño y pasar desapercibido. Con el tiempo, la visión central (directa) también empezará a perderse.

#### **FIGURA 17 QUIENES PUEDEN TENER GLAUCOMA**

##### **¿Quiénes pueden tener glaucoma?**

Cualquier persona. Pero aquellas con mayores riesgos de desarrollar glaucoma son las siguientes:

- Personas mayores de 60 años
- Personas de ascendencia africana, asiática o hispana
- Familiares de personas con glaucoma
- Personas con alta miopía o hipermetropía
- Personas que usan medicamentos esteroides
- Personas que tienen presión ocular elevada
- Personas con córnea central delgada
- Personas que sufrieron alguna lesión ocular

Fuente: Suarez, 2017

#### **2.11.4 Síntomas**

En la forma más común del glaucoma, la acumulación de la presión del líquido se produce muy lentamente. Con frecuencia, no hay síntomas molestos o dolorosos.

En las variedades menos frecuentes de glaucoma los síntomas pueden ser más graves. Estos síntomas pueden incluir los siguientes:

- Visión borrosa
- La aparición de círculos del color del arcoíris alrededor de las luces brillantes
- Dolor de ojos y de cabeza
- Náuseas o vómitos
- Pérdida repentina de la vista

El glaucoma puede afectar a personas de todas las edades, desde los bebés hasta los adultos mayores. Aunque todos estamos en riesgo, las personas con mayor riesgo

de desarrollar glaucoma son los mayores de 60 años, los parientes de personas con glaucoma, las personas de ascendencia africana, asiática o hispana, las personas que usan esteroides y las personas con presión ocular elevada o que sufrieron una lesión ocular.

La pérdida de la vista resultante del glaucoma es irreversible. Sin embargo, la detección temprana y un tratamiento cuidadoso y de por vida con medicamentos o la cirugía pueden preservar la visión.

### **2.11.5 Tipos de glaucoma**

Existen diversos tipos de glaucoma. Los dos tipos principales son el de ángulo abierto y el de ángulo cerrado.

#### **2.11.5.1 Glaucoma de Ángulo Abierto**

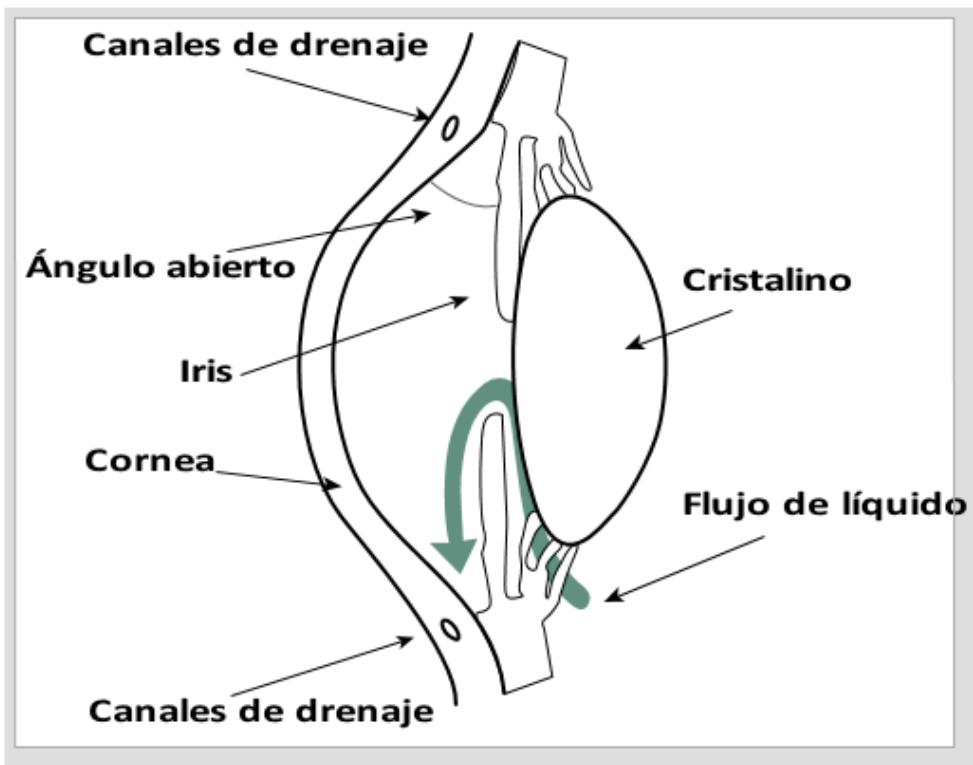
El glaucoma de ángulo abierto es la forma más frecuente de glaucoma, y representa al menos el 90 % de todos los casos de glaucoma:

- Es causado por la obstrucción lenta de los canales de drenaje, dando como resultado el aumento de la presión ocular.
- Tiene un ángulo amplio y abierto entre el iris y la córnea.
- Se desarrolla lentamente y es una afección de por vida.

No hay señales de advertencia temprana del glaucoma de ángulo abierto. Se desarrolla lentamente y, en ocasiones, no presenta una pérdida de visión perceptible durante muchos años. La mayoría de las personas que tienen glaucoma de ángulo abierto se sienten bien y no advierten cambio alguno en su visión. Por eso, los exámenes oculares frecuentes son tan importantes. En general, con una detección temprana, el glaucoma de ángulo abierto responde bien a los medicamentos.

No obstante, es muy importante seguir cuidadosamente el régimen de medicamentos para mantener una presión ocular sana y evitar la pérdida de la visión.

**FIGURA 18 GLAUCOMA ANGULO ABIERTO**



Fuente: Suarez, 2017

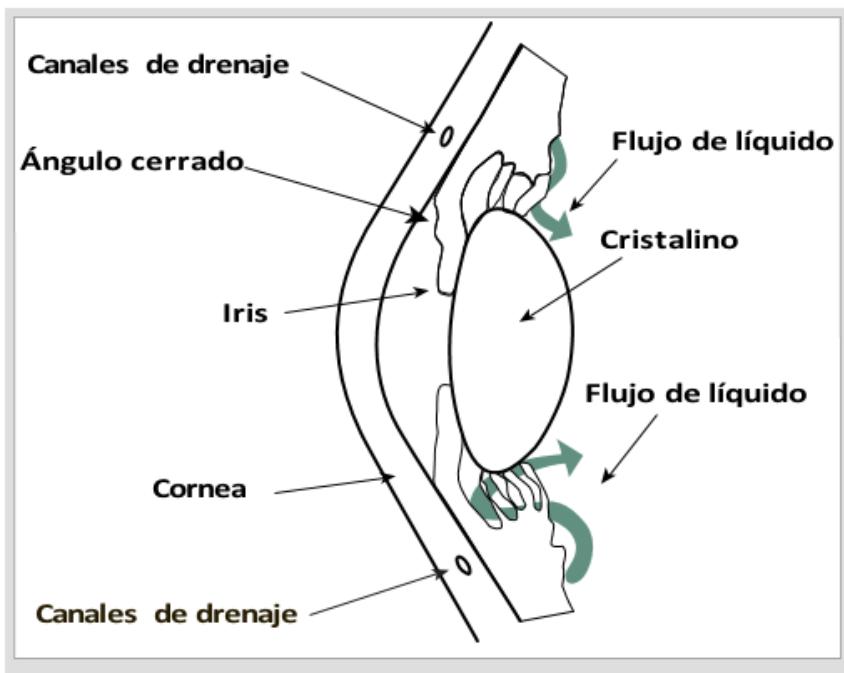
#### **2.11.5.2 Glaucoma de Ángulo Cerrado**

El otro tipo principal de glaucoma se denomina glaucoma de ángulo cerrado (o de ángulo estrecho). En este tipo de glaucoma, el ángulo está cerrado en muchas áreas o en su mayoría, generando aumento de la presión ocular, lo cual daña al nervio óptico y, posiblemente lleve a la pérdida de la visión. Este aumento de la presión ocular se puede producir de manera repentina (un ataque agudo de ángulo cerrado) o de manera gradual. También hay etapas iniciales de la enfermedad en las que el ángulo está cerrado, pero la presión ocular puede estar elevada o no, y el nervio óptico aún no se ve afectado. En los casos agudos de ángulo cerrado, la presión intraocular aumenta muy rápidamente y causa síntomas como dolor en los ojos, visión borrosa, enrojecimiento, anillos (o halos) con los colores del arcoíris alrededor de las luces, náuseas y/o vómitos. Un ataque agudo de glaucoma de ángulo cerrado puede

ocasionar un daño visual permanente y requiere atención médica de inmediato. Por lo general, la forma gradual de ángulo cerrado (glaucoma de ángulo cerrado crónico) no presenta síntomas y puede que no se perciba en las etapas iniciales si no se examina el ojo.

Normalmente, el tratamiento del glaucoma de ángulo cerrado y de los ojos en riesgo de padecer esta enfermedad, incluye un procedimiento con rayos láser (iridotomía periférica con láser) para crear un pequeño orificio en el borde externo del iris. Otros tratamientos son similares al del glaucoma de ángulo abierto e incluyen medicamentos para disminuir la presión ocular y cirugía de incisión.

**FIGURA 19 GLAUCOMA ANGULO CERRADO**



Fuente: Suarez, 2017

#### **2.11.5.3 Otros tipos de glaucoma**

Muchos de los otros tipos de glaucoma son variaciones de los tipos de ángulo abierto y ángulo cerrado. Estos tipos se pueden producir en un ojo o en ambos.

### **a) Glaucoma Secundario**

Se puede producir como resultado de un traumatismo ocular, inflamación, tumor, en casos avanzados de cataratas o diabetes, o debido a fármacos como por ejemplo los esteroides. Esta forma de glaucoma puede ser leve o grave. El tipo de tratamiento dependerá de si se trata de glaucoma de ángulo abierto o cerrado.

### **b) Glaucoma Pigmentario**

Es una forma de glaucoma de ángulo abierto secundario que se produce cuando los gránulos de pigmento ubicados en la parte posterior del iris (la parte de color del ojo) penetran en el líquido transparente producido en el interior del ojo. Estos minúsculos gránulos de pigmento circulan hacia los canales de drenaje en el ojo y los obstruyen lentamente, lo que provoca un aumento de la presión ocular. Por lo general, el tratamiento incluye medicamentos, cirugía láser o cirugía filtrante.

### **c) Glaucoma de Tensión Normal (GTN)**

También se denomina glaucoma de tensión baja o de presión normal. En este tipo de glaucoma, el nervio óptico se daña incluso cuando la presión intraocular (PiO) no es muy elevada. La causa se desconoce. Las personas con mayor riesgo de padecer glaucoma de tensión normal tienen antecedentes familiares de este tipo de glaucoma o son de ascendencia japonesa.

**FIGURA 20 GLAUCOMA TENSION NORMAL**



Fuente: Suarez, 2017

**d) Glaucoma Congénito**

Se presenta en los bebés cuando hay un desarrollo inadecuado o incompleto de los canales de drenaje de los ojos durante el período de gestación. Esta es una afección poco frecuente que puede ser hereditaria.

**FIGURA 21 GLAUCOMA CONGENITO**



Fuente: Suarez, 2017  
**75 - 165**

#### **e) Glaucoma Exfoliativo**

Se produce cuando un material escamoso, similar a la caspa, se desprende de la capa externa del cristalino dentro del ojo. El material se acumula en el ángulo entre la córnea y el iris y puede obstruir el sistema de drenaje del ojo, ocasionando así el aumento de la presión ocular. También se denomina glaucoma pseudoexfoliativo.a

#### **f) Glaucoma Neovascular**

La formación anormal de nuevos vasos sanguíneos en el iris y sobre los canales de drenaje del ojo puede causar esta forma de glaucoma. El glaucoma neovascular siempre está asociado con otras alteraciones, más a menudo con la diabetes. Nunca se presenta de manera independiente. Los nuevos vasos sanguíneos impiden que el líquido del ojo salga a través de la malla trabecular (los canales de drenaje del ojo) y causan un aumento de la presión ocular.

#### **g) Glaucoma Uveítico**

La uveítis es la hinchazón e inflamación de la uvea, la capa media del ojo. La uvea proporciona la mayoría del suministro de sangre a la retina. El aumento de la presión ocular durante la uveítis puede ser producto del proceso inflamatorio como tal, o debido a los medicamentos (esteroides) utilizados para tratarla.

#### **h) Glaucoma Traumático**

Una lesión en el ojo puede causar glaucoma traumático. Esta forma de glaucoma de ángulo abierto se puede producir inmediatamente después de la lesión o desarrollarse años más tarde. Puede ser ocasionado por lesiones cerradas que forman moretones en el ojo (traumatismos contusos del ojo) o por lesiones que penetran el ojo.

## **2.11.6 Cómo Detectar el Glaucoma**

### **Cómo se diagnostica el glaucoma**

Para guardar seguridad y precisión, se deben revisar cinco factores antes de hacer un diagnóstico de glaucoma:

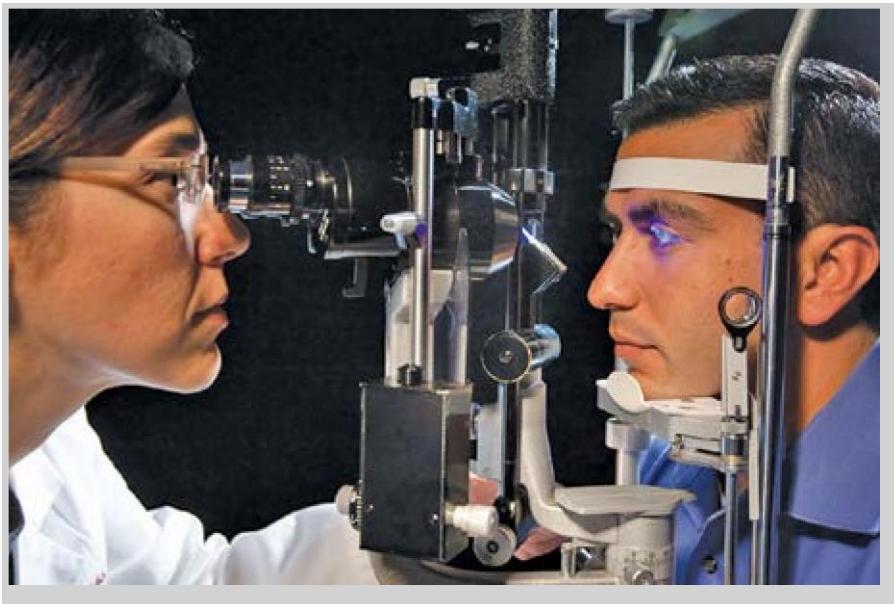
1. La presión ocular (presión intraocular o PiO) [tonometría].
2. La forma y el color del nervio óptico (oftalmoscopía o examen con las pupilas dilatadas).
3. El campo visual (perimetría).
4. El ángulo en el ojo donde el iris se une con la córnea (gonioscopía).
5. El grosor de la córnea (paquimetría).

#### **2.11.6.1 Tonometría**

Durante la tonometría, se usan gotas oftálmicas para adormecer el ojo. Luego un médico o un técnico utiliza un dispositivo llamado tonómetro para medir la presión interna del ojo.

Se aplica una pequeña cantidad de presión en el ojo con un dispositivo diminuto. El rango promedio de presión ocular es de 12 a 22 mm Hg ("mm Hg" se refiere a milímetros de mercurio, una escala que se usa para registrar la presión ocular). El nivel de presión ocular en que se desarrolla el glaucoma no es igual para todos y algunas personas pueden tener glaucoma incluso si su presión está dentro del rango promedio de 12 a 22 mm Hg.

**FIGURA 22 TONOMETRIA**



**Control de la presión ocular.**

#### **2.11.6.2 Oftalmoscopía**

Este procedimiento de diagnóstico le ayuda al médico a examinar el nervio óptico para detectar algún daño por glaucoma. Se usan gotas oftálmicas para dilatar la pupila, que le permite médico ver a través del ojo con una lente especial para examinar la forma y el color del nervio óptico.

Un nervio óptico excavado o que no posea el color rosado que se describe en ojos sanos, es un motivo de preocupación.

Las técnicas oftalmoscópicas adicionales que el médico puede usar incluyen las siguientes:

- Oftalmoscopia láser de barrido confocal, un láser especial que produce una imagen tridimensional de alta resolución del nervio óptico. Esta prueba les proporciona a los médicos mediciones del daño (o la pérdida) de las fibras nerviosas.
- La polarimetría láser de barrido usa luz láser para medir el grosor de la capa de fibras nerviosas.

- La tomografía de coherencia óptica (Optical Coherence Tomography, OCT) mide el reflejo de la luz láser al igual que una ecografía mide el reflejo del sonido, y puede medir directamente el grosor de la capa de fibras nerviosas y crear una representación tridimensional del nervio óptico.

Mediante la obtención de imágenes del nervio óptico a lo largo del tiempo durante diversas visitas al oftalmólogo, estas tecnologías pueden ayudar a detectar la pérdida progresiva de las fibras del nervio óptico.

**FIGURA 23 OFTALMOSCOPIA**



#### 2.11.6.3 Gonioscopía

La gonioscopía es una prueba de diagnóstico que ayuda a determinar si el ángulo en donde el iris se une con la córnea es abierto, estrecho o cerrado. Durante el examen, se usan gotas oftálmicas para adormecer el ojo y se coloca suavemente un lente de contacto manual especial en el ojo durante algunos momentos

**FIGURA 24 GONIOSCOPIA**



**La gonioscopía usa un lente de contacto para visualizar el ángulo entre el iris y la córnea.**

#### **2.11.6.4 Paquimetría**

La paquimetría mide el grosor de la córnea, la ventana transparente que se encuentra en la parte anterior del ojo. El grosor de la córnea puede influir en las lecturas de la presión ocular. Si una córnea es más gruesa que el promedio, las lecturas de presión con un tonómetro pueden ser más elevadas. Esto le otorga información adicional al oftalmólogo para diagnosticar el glaucoma.

#### **2.11.7 Tratamiento del Glaucoma**

##### **2.11.7.1 Medicamentos para el Glaucoma**

Generalmente el glaucoma se trata con el uso de medicamentos que ayudan a mejorar el drenaje del líquido o a disminuir la cantidad de líquido producido por el ojo. En la mayoría de los casos, los medicamentos pueden controlar de manera segura la presión ocular por muchos años. Los expertos coinciden en que la presión ocular debe permanecer bajo control constante para evitar que el glaucoma empeore. Es por eso

que es especialmente importante que use los medicamentos recetados todos los días y en el horario indicado.

La mayoría de los medicamentos producen algunos efectos secundarios. Estos efectos secundarios suelen disminuir después de varias semanas. Sin embargo, pregúntele a su médico sobre cualquier cambio físico o emocional que se produzca al tomar los medicamentos para el glaucoma. Asegúrese de informarle a todos sus médicos (incluido su médico de cabecera) sobre cualquier medicamento para el glaucoma que esté usando y cualquier efecto secundario que haya notado.

En especial, las personas mayores con glaucoma deberían prestar atención a cambios de conducta o en la movilidad que puedan ser efectos secundarios de los medicamentos. Si los efectos secundarios son muy molestos o duran bastante, su médico le puede recetar otro medicamento.

Cambiar de medicamentos no significa necesariamente que el glaucoma está empeorando. De hecho, es normal que cambie de medicamentos recetados con el tiempo. A medida que el cuerpo comienza a desarrollar una tolerancia al medicamento, este perderá lentamente su eficacia y es posible que necesite reemplazarse por una versión más fuerte del mismo fármaco o por otro medicamento. Los médicos, por lo general, pueden volver a medicamentos previamente utilizados después de que el cuerpo haya tenido la oportunidad de “olvidarse” del medicamento anterior.

Los programas de medicamentos también pueden modificarse para incluir nuevos fármacos más efectivos o más fáciles de usar. Los investigadores están trabajando para encontrar medicamentos para el glaucoma con menos efectos secundarios y medicamentos que puedan usarse con menos frecuencia.

#### **2.11.7.2 Cirugía de Glaucoma**

La cirugía es otra manera de tratar el glaucoma. En general, cualquier tipo de cirugía conlleva algún riesgo, de modo que es posible que su médico trate de probar primero otros métodos de tratamiento. Sin embargo, la cirugía moderna de glaucoma tiene

buenos resultados en muchos pacientes. La cirugía láser es el método preferido de tratamiento inicial para el glaucoma de ángulo cerrado, ya que permite ampliar el ángulo en la mayoría de los pacientes. La cirugía de incisión es el tratamiento principal para el glaucoma congénito ya que puede ser la única manera de abrir los canales de drenaje malformados.

En los casos de glaucoma de ángulo abierto, la cirugía láser se puede usar como tratamiento principal o complementario al uso de medicamentos. La cirugía de incisión suele indicarse cuando la cantidad máxima de medicamentos no controla la presión ocular o cuando no se toleran los efectos secundarios de los medicamentos.

#### **2.11.7.3 Cirugía Láser**

Existen varios tipos de cirugía láser que se utilizan para tratar el glaucoma. El tipo de cirugía láser dependerá de la variedad del glaucoma y de su severidad. Las cirugías láser se realizan de manera ambulatoria en el consultorio del médico o en una clínica hospitalaria.

**FIGURA 25 CIRUGIA LASER**



### **3 MARCO PRACTICO**

#### **3.1 ADQUIRIR EL CONOCIMIENTO DEL EXPERTO OFTALMÓLOGO PARA LA ELABORACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO.**

##### **3.1.1 Análisis de los procedimientos actuales**

Se ha realizado el análisis de los procedimientos con la ayuda de las entrevistas como técnica de recopilación de información. A continuación, se detalla el procedimiento para la detección de la enfermedad, los síntomas y tratamiento para el glaucoma como parte del análisis.

###### **3.1.1.1 Etapas del glaucoma**

###### **a) Etapa inicial**

En esta etapa el glaucoma no tiene síntomas. No causa dolor y la visión se mantiene normal.

Sin embargo, si el glaucoma no es atendido, las personas empiezan a notar que ya no ven como antes.

###### **b) Etapa instalada**

En esta etapa los pacientes pierden lentamente su visión lateral (periférica). Es como si estuvieran viendo a través de un túnel. Con el tiempo, la visión central (hacia al frente) también puede disminuir hasta que se pierde por completo.

###### **c) Etapa tardía**

En esta etapa el glaucoma es grave ya que produce un deterioro en la calidad de vida de quien lo sufre. Al faltar campo visual no se puede conducir, leer, etc. ni siquiera manejarse por sí mismo. Se conviertes en un ciego funcional.

### **3.1.1.2 Procedimiento para la detección de la enfermedad**

El glaucoma se detecta a través de un examen completo de los ojos que incluye:

#### **a) Tonometría**

Esta prueba mide la presión dentro del ojo. Ejemplos de tonómetros pueden incluir:

- Soplo de aire o tonómetro de no contacto que emite un soplo de aire. Esta prueba mide la presión del ojo por medio de la resistencia del ojo al aire.
- El tonómetro de aplanamiento toca la superficie del ojo después de que el ojo se anestesia y se insensibiliza, luego se mide la cantidad de presión necesaria para aplanar la córnea. Este es el tonómetro más sensitivo, pero se necesita una córnea clara, con forma regular, para asegurar que funcione correctamente.
- El método de incisión electrónico mide la presión por contacto directo sobre los ojos anestesiados con un instrumento similar a un tipo de lápiz digital.

#### **b) Dilatación de pupila**

Se aplican gotas especiales que temporalmente agrandan la pupila para que el médico pueda ver mejor el interior del ojo.

#### **c) Prueba del campo visual**

Esta prueba mide toda el área observada del ojo cuando está mirando adelante hacia un documento enfrente (central) y la visión lateral (periférica). Mide la luz más tenue observada en cada lugar examinado. Cada vez que vislumbra un flash de luz, el paciente responde presionando un botón.

**d) Prueba de agudeza visual**

Esta prueba mide la visión a distancias diferentes. Mientras está sentado el paciente a 20 pies de una lámina de optometría, se le pide que lea las gráficas visuales estandarizadas con cada ojo; con y sin lentes correctivos.

**e) Paquimetría**

El oftalmólogo utiliza un instrumento de onda ultrasónica para ayudar a determinar el espesor de la córnea y evaluar mejor la presión del ojo.

**f) Oftalmoscopia**

El oftalmólogo examina el interior del ojo mirando a través de la pupila con un instrumento especial. Esta prueba puede ayudar a detectar daños en el nervio óptico causado por el glaucoma.

**g) Gonioscopia**

El oftalmólogo usa este instrumento para ver la parte frontal del ojo (cámara anterior) para determinar si el iris está más cerca de lo normal a la parte posterior de la córnea. Esta prueba puede ayudar a diagnosticar el glaucoma de ángulo cerrado.

**h) Imagen de nervio óptico**

Las imágenes ayudan a documentar cambios del nervio óptico a lo largo del tiempo. Las técnicas de imágenes del nervio pueden incluir:

- Estereofotografía del nervio óptico
- Escaneo de polarimetría láser (GDx)

- Escaneo “confocal” de oftalmoscopia láser (Heidelberg Retinal Tomograph II o TRH)
- Tomografía de coherencia óptica (OCT)

Todas estas cuatro técnicas son indoloras y no invasivas. Un médico determina qué método(s) usar, dependiendo de la condición de su glaucoma.

### **3.1.1.3 Síntomas del glaucoma**

#### **a) Los síntomas del glaucoma de ángulo abierto**

La mayoría de las personas que desarrollan glaucoma de ángulo abierto no experimentan ningún síntoma perceptible al principio. Por esta razón es fundamental tener exámenes regulares de los ojos, de modo que su oftalmólogo pueda detectar los problemas a tiempo.

Los síntomas del glaucoma de ángulo abierto son:

- La pérdida gradual de la visión periférica, generalmente en ambos ojos
- La visión de “túnel” en las etapas avanzadas

#### **b) Los síntomas del glaucoma de ángulo cerrado agudo**

El glaucoma de ángulo cerrado agudo es una emergencia médica y debe ser tratado inmediatamente o puede producirse ceguera al cabo de uno o dos días.

Los signos y síntomas del glaucoma de ángulo cerrado agudo incluyen:

- Dolor ocular severo
- Náuseas y vómitos (que acompañan al dolor ocular severo)
- Aparición súbita de alteración visual, a menudo bajo condiciones de poca luz

- Visión borrosa
- Halos alrededor de las luces
- Enrojecimiento del ojo

### c) Los síntomas de glaucoma crónico

Este tipo de glaucoma progresiona más lentamente y puede dañar el nervio óptico sin mostrar síntomas, de manera similar al glaucoma de ángulo abierto.

Del mismo modo, las personas con glaucoma de tensión normal no experimentan ningún síntoma hasta que comienzan a perder la visión periférica.

#### 3.1.1.4 Tratamiento del glaucoma

El tratamiento para el glaucoma incluye medicamentos, cirugía láser (trabeculoplastia), cirugía convencional o una combinación de cualquiera de estos métodos. Aunque estos tratamientos pueden proteger la vista que le queda, no mejoran la vista que ya haya perdido por el glaucoma.

##### a) Tratamiento para la primera etapa inicial

En esta etapa el tratamiento que realiza el paciente es con medicamentos.

##### Tratamiento con medicamentos

###### 1) Los agonistas alfa-adrenérgicos

Esta medicación reduce tanto la producción de humor acuoso y aumenta su secreción hacia afuera del ojo. Comúnmente se producen reacciones alérgicas con este tipo de medicamentos.

Algunos ejemplos incluyen:

- Apraclonidina (Iopidine®)
- Brimonidina (Alphagan®)
- Epinefrina (Gluacon® y Epifrin®)
- Dipivefrina (Propine®)

## 2) Los betabloqueantes

Este tipo de medicación trabaja para reducir la presión del ojo (intraocular) reduciendo la producción de humor acuoso y disminuyendo la velocidad con la que el fluido circula en el ojo.

Algunos ejemplos incluyen:

- Timolol (Timoptic XE Ocumeter® y Timoptic®)
- Levobunolol (Betagan®)
- Carteolol (Ocupress®)
- Metipranolol (OptiPranolol®)
- Betaxolol (Betoptic®)

## 3) Los inhibidores de anhidrasa carbónica

Estas son gotas para los ojos o píldoras que reducen la producción de líquido en el ojo. Algunos ejemplos incluyen:

- Dorzolamida (Trusopt®)
- Brinzolamida (Azopt®)
- Acetazolamida (Diamox®): un medicamento oral
- Methazolamide (Neptazane®): un medicamento oral

#### **4) Mióticos**

Este tipo de medicación es un agente colinérgico, el cual reduce la pupila para que sea considerablemente más pequeña en diámetro y ayuda a aumentar el drenaje de líquido que sale del ojo. Algunos ejemplos incluyen:

- Pilocarpina (Isopto Carpine®, Pilocar® y Pilopine HS® pomada)
- Echothiophate (Fosfolina Iodide®)

#### **5) Los análogos de prostaglandina**

Esta medicación disminuye la presión ocular mediante el aumento del flujo de líquido que sale del ojo. Algunos ejemplos incluyen:

- Solución oftálmica Tafluprost (Zioptan™)
- Latanoprost (Xalatan®)
- Bimatoprost (Lumigan®)
- Travoprost (Travatan®)
- Solución oftálmica de isopropil unoprostone (Rescula®)

Las combinaciones de gotas para los ojos también se pueden usar para conseguir mejores resultados. Algunos ejemplos incluyen:

- Dorzolamida y timolol (Cosopt®)
- Latanoprost y timolol (Xalacom®)
- Brimonidina y timolol (Combigan™)
- Brinzolamida y brimonidina (Simbrinza™)

#### **b) Tratamiento para la segunda etapa instalada**

En esta etapa el tratamiento que realiza el paciente son con terapias laser

## **Tratamiento con Terapias láser**

Actualmente, la cirugía con láser es el procedimiento más utilizado para tratar el glaucoma. Generalmente disminuye la presión del ojo, pero la duración de esta disminución depende de muchos factores, incluidos:

- Edad del paciente
- Tipo de glaucoma
- Otras condiciones médicas que pueden estar presentes

En muchos casos, puede ser necesario el uso continuo de medicamentos, pero posiblemente en cantidades más bajas.

Su médico puede practicar la cirugía con láser para tratar el glaucoma de ángulo abierto, de ángulo cerrado o glaucoma neovascular. El oftalmólogo realizará la cirugía con láser de forma ambulatoria en el consultorio o la clínica una vez que el ojo ha sido adormecido.

Para reducir la presión ocular, el médico dirige un láser hacia:

- La malla trabecular (tejido cerca de la córnea y el iris que drena el humor acuoso del ojo en la sangre)
- El iris
- El cuerpo ciliar
- La retina

En los tipos de cirugía láser están incluidos:

### **1) Trabeculoplastia**

Este procedimiento se utiliza a menudo para tratar el glaucoma de ángulo abierto.

En la trabeculoplastia con láser de argón (ALT), se dirige un láser de alta energía a la malla trabecular para abrir áreas en estos canales obstruidos. Estas aberturas permiten que el líquido se desvíe por los canales de drenaje y fluya hacia el exterior del ojo.

En trabeculoplastia con láser selectivo (SLT) un láser de baja energía trata determinadas células de la malla trabecular. Debido a que afecta sólo a ciertas células sin provocar daños colaterales al tejido, el procedimiento SLT potencialmente se puede repetir.

## **2) Iridotomía periférica con láser (LPI)**

La LPI se utiliza con frecuencia para el tratamiento de glaucoma de ángulo cerrado, en el cual el ángulo entre el iris y la córnea está demasiado pequeño y obstruye el flujo de líquido hacia el exterior del ojo. Un rayo láser realiza un orificio pequeño en el iris para permitir el drenaje de líquido.

## **3) Ciclofotocoagulación**

Este procedimiento se utiliza generalmente para tratar casos agresivos o avanzados de glaucoma de ángulo abierto que no han respondido a otros tratamientos. Su médico dirige un rayo láser a través de la esclerótica o endoscópicamente en el cuerpo ciliar del ojo que produce líquido. El procedimiento ayuda a disminuir la producción de líquido y disminuye la presión ocular. Los pacientes a menudo necesitan tratamientos múltiples.

## **4) La fotocoagulación dispersa o panretiniana**

Este procedimiento láser destruye los vasos sanguíneos anormales en la retina que están asociados al glaucoma neovascular.

Los efectos secundarios más comunes de la cirugía con láser son:

- Irritación temporal de los ojos
- Visión borrosa
- Riesgo leve de desarrollar cataratas

**c) Tratamiento para la tercera etapa tardía**

En esta etapa el tratamiento que realiza el paciente es con cirugía

**Tratamiento con Cirugía**

Los oftalmólogos a menudo usan procedimientos quirúrgicos convencionales (también llamadas terapias por incisión) para tratar el glaucoma después de que otras estrategias de tratamiento, como los medicamentos y terapias con láser, han fracasado.

Al decidir sobre una opción de tratamiento, un oftalmólogo tendrá en cuenta los aspectos únicos del caso de cada persona, están incluidas:

- La severidad de la enfermedad
- La respuesta al medicamento
- Otros problemas de salud

**1) Trabeculectomía**

Un cirujano oftalmólogo corta un colgajo en la parte blanca del ojo (esclerótica), luego extrae una sección de malla trabecular (tejido ocular situado alrededor de la base de la córnea), y vuelve a colocar y sutura el colgajo. Esto crea una nueva apertura (en el exterior del ojo se formará una burbuja de fluido o ampolla) a través de la cual fluye el líquido (humor acuoso) y entra en el torrente sanguíneo.

La cirugía es normalmente un procedimiento ambulatorio, pero puede requerir una estadía de una noche en un hospital. Se lleva a cabo en un ojo a la vez, por lo general con un espacio de tiempo de cuatro a seis semanas.

Los resultados a este procedimiento varían:

- Muchas personas pueden suspender el medicamento para el glaucoma posteriormente.
- Sin embargo, en algunos casos, la presión del ojo puede bajar demasiado o la apertura puede sanar y cerrarse, haciendo que la presión se vuelva a elevar.
- También pueden ocurrir cambios continuos en el nervio óptico.
- Algunas veces se debe realizar una segunda trabeculectomía.

Los efectos secundarios posibles a corto plazo de este procedimiento pueden incluir:

- Visión borrosa
- Sangrado en el ojo
- Infección.

Los efectos a largo plazo pueden incluir empeoramiento de cataratas y la sensación de un cuerpo extraño en el ojo. Una acumulación de líquido en la parte posterior del ojo puede causar algunas sombras en la visión.

Para aquellos que no responden a la trabeculectomía o no son candidatos para este procedimiento, se puede insertar en el ojo un implante de drenaje para el glaucoma. Este pequeño tubo, se inserta en la cámara anterior del ojo (entre la córnea y el cristalino) y facilita el drenaje de líquido.

Un procedimiento quirúrgico ambulatorio que utiliza un Trabectome™ se usa para el glaucoma de ángulo abierto. Después de adormecer el ojo, el médico utiliza un instrumento pequeño para crear una incisión pequeñísima en la córnea y así extraer

una parte diminuta de la malla trabecular para aumentar el drenaje de líquido. No queda un orificio o ampolla permanente en el ojo. La cirugía de Trabectome normalmente no tiene los efectos secundarios asociados con una trabeculectomía, aunque puede ocurrir un poco de sangrado durante el procedimiento.

## **2) La iridectomía periférica**

Los oftalmólogos utilizan este procedimiento para el glaucoma de ángulo cerrado. El médico mediante una incisión extrae una pequeña sección periférica del iris, lo que permite que el líquido drene más fácilmente fuera del ojo.

## **3) La canaloplastia y los nuevos dispositivos de implante**

Estos dispositivos y procedimientos se emplean para mejorar el flujo de salida del humor acuoso y así disminuir la presión intraocular. Estos pueden incluir:

- La derivación Ex-Press, un dispositivo de filtración sub-conjuntiva
- La canaloplastia Schlemm no-penetrante Ab Externo
- Los dispositivos Ab Interno, incluyen el trabecular Micro-by-pass stent (Micro-derivación del stent de la malla trabecular) y el trabectome
- El Gold Microshunt (Micro-derivación de oro), un dispositivo supra-coroideo

## **4) La cirugía de glaucoma para infantes**

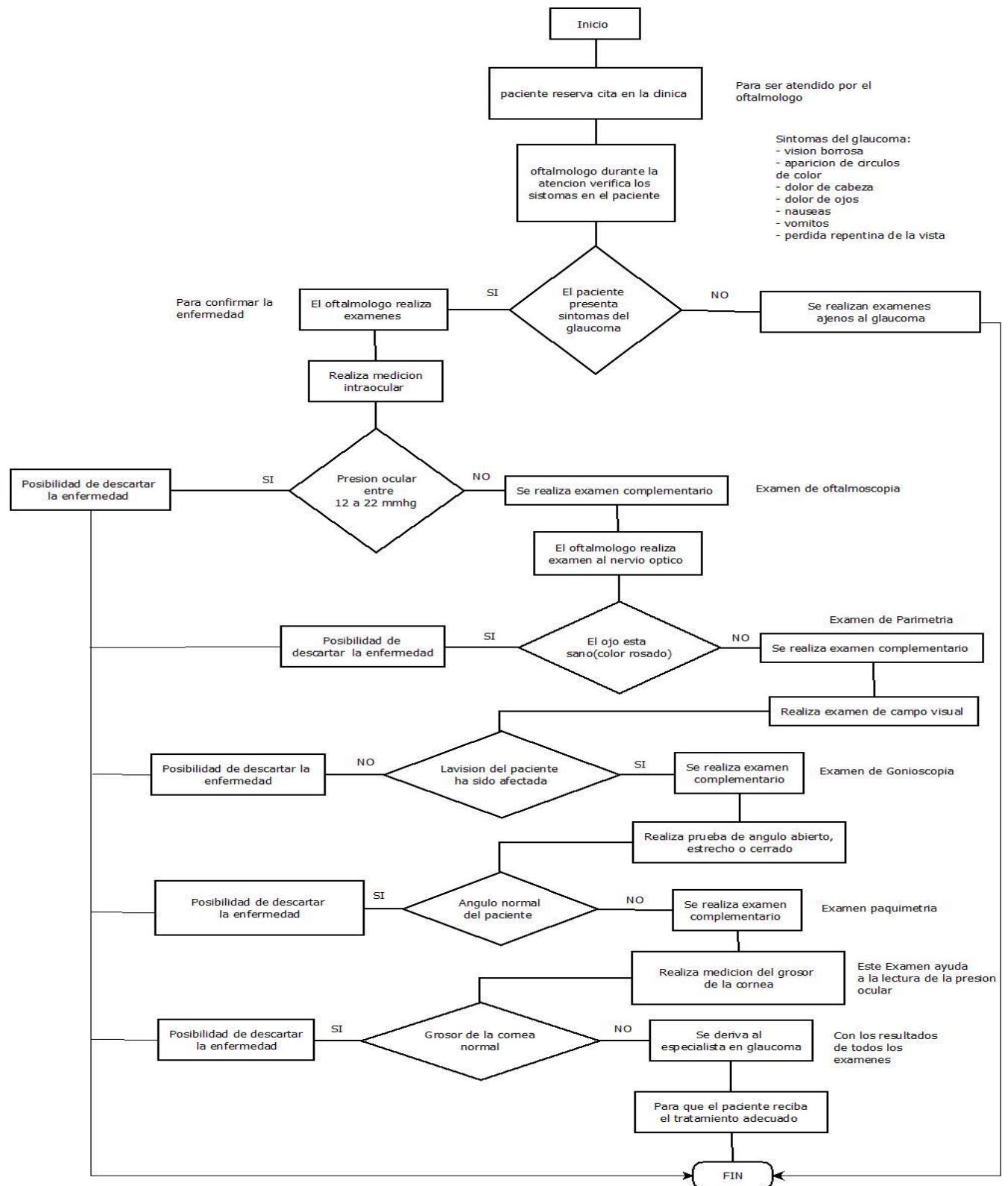
La goniotomía se utiliza casi exclusivamente para los infantes con glaucoma congénito. En este procedimiento, el médico inserta espátula filosa y diminuta a través de la córnea para cortar la malla trabecular. Este procedimiento permite que el líquido ocular fluya normalmente hacia fuera del ojo.

La trabeculotomía también se utiliza para los infantes con glaucoma congénito. El médico hace una incisión en la parte externa del ojo y utiliza una sonda pequeña para romper a través de la malla trabecular.

### **3.1.1.5 Modelado del proceso actual**

A continuación, se describe detalladamente, el estado de los procedimientos actuales con los que se lleva a cabo el diagnóstico del glaucoma

**FIGURA 26 DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO ACTUAL.**



Fuente: Elaboración propia, 2018

### **3.1.1.6 Deficiencia de los procedimientos actuales.**

- No presenta síntomas iniciales
- Confusión de síntomas con otras enfermedades
- La inexperiencia de medico oftalmólogos
- Costos elevados para los pacientes que realizan examen medico
- Confusión con el grado de valoración de personas que no presentan presión intraocular

### **3.1.1.7 Análisis de requerimientos**

#### **a) Requerimientos funcionales**

- Realizar la gestión de usuarios
- Realizar la gestión del paciente
- Realizar la búsqueda de los pacientes
- Ingresar datos personales del nuevo paciente
- Realizar atención médica a los pacientes nuevos
- Realizar el re consulta a los pacientes registrados
- Ingresar síntomas de los pacientes atendidos
- Ingresar resultados de exámenes de los pacientes
- Realizar el diagnóstico de la enfermedad con la información proporcionada al S.E.
- Ingresar las categorías para el modulo adquisidor de conocimiento
- Ingresar los hechos BH
- Ingresar las reglas BD
- Ingresar los tratamientos
- Ingresar evidencias

## **b) Requerimientos no funcionales**

- El sistema debe tener una interfaz de usuario amigable y fácil de usar
- El sistema debe realizar las validaciones correspondientes al momento de iniciar sesión
- El sistema para su implementación debe utilizar la tecnología de cloud computing
- El sistema deberá ser mantenible
- EL sistema debe ser web
- El sistema debe ser responsive

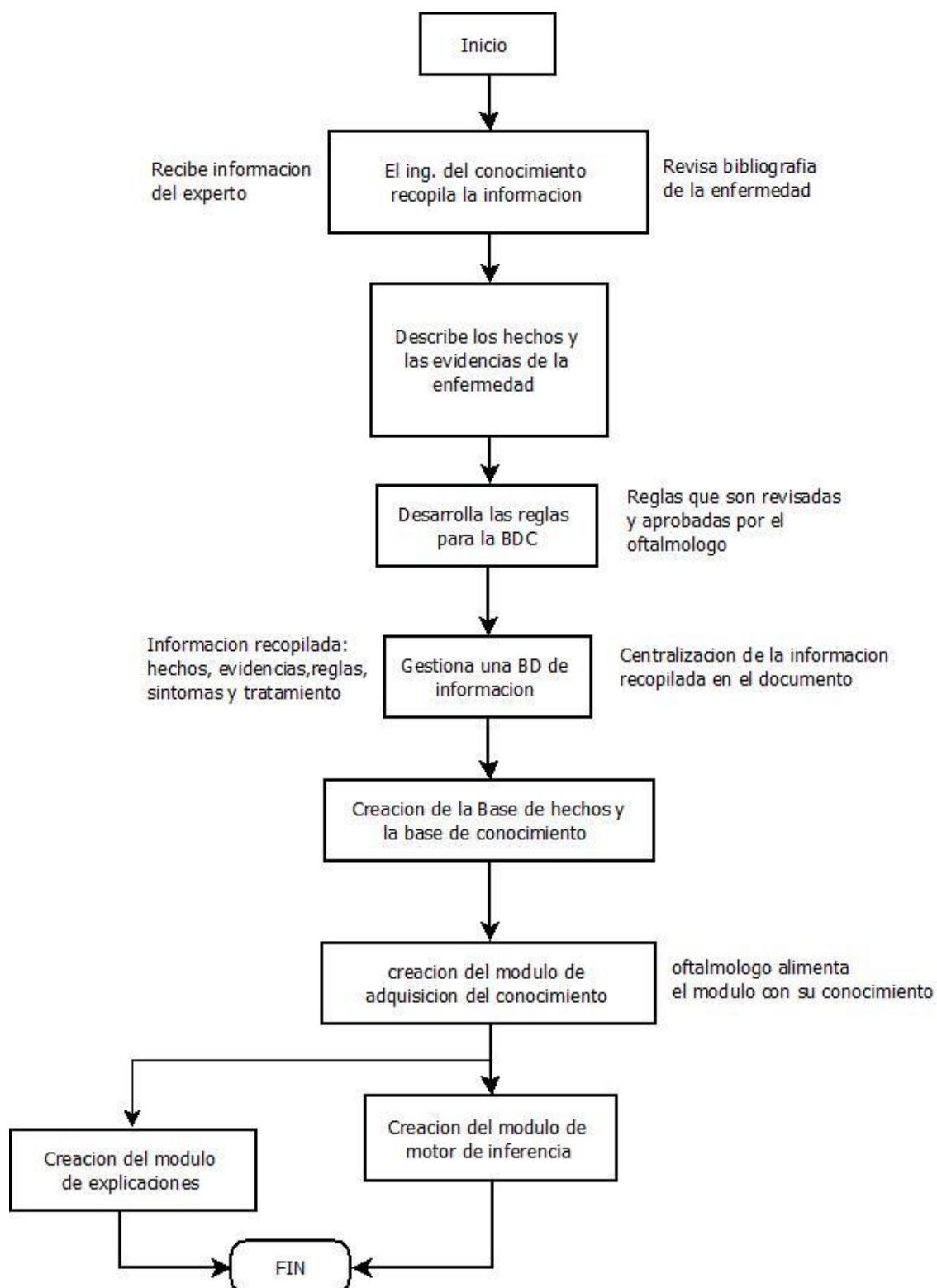
### **3.1.2 Diseño de los procedimientos alternativos**

Habiendo analizado las deficiencias de los procesos actuales, se ha realizado el modelado del proceso propuesto.

#### **3.1.2.1 Modelado de proceso propuesto**

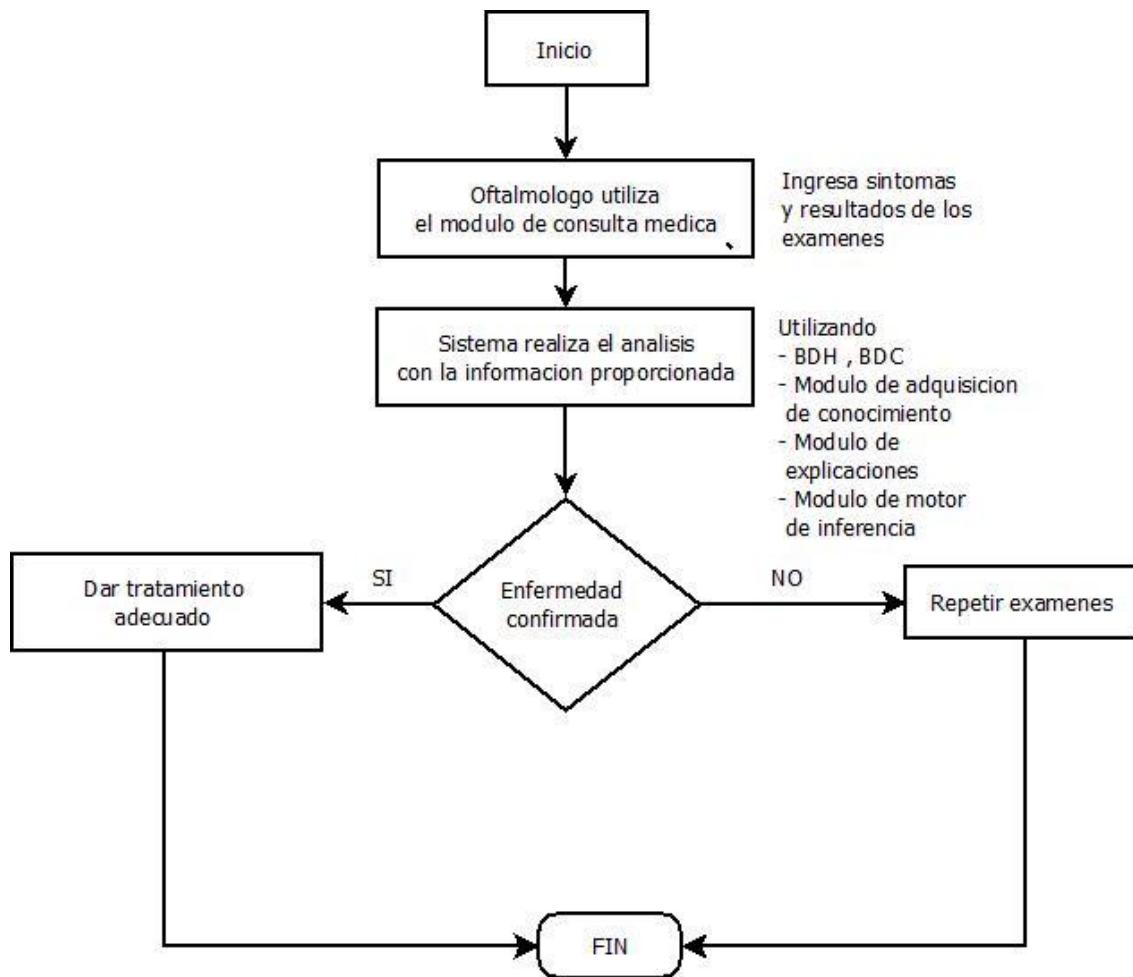
Mediante la recolección de información por medio de entrevistas, se ha analizado y se ha modelado la situación actual. Por lo tanto, se ha elaborado una propuesta descrita en la figura 16

**FIGURA 27 DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO PROPUESTO (DESARROLLO)**



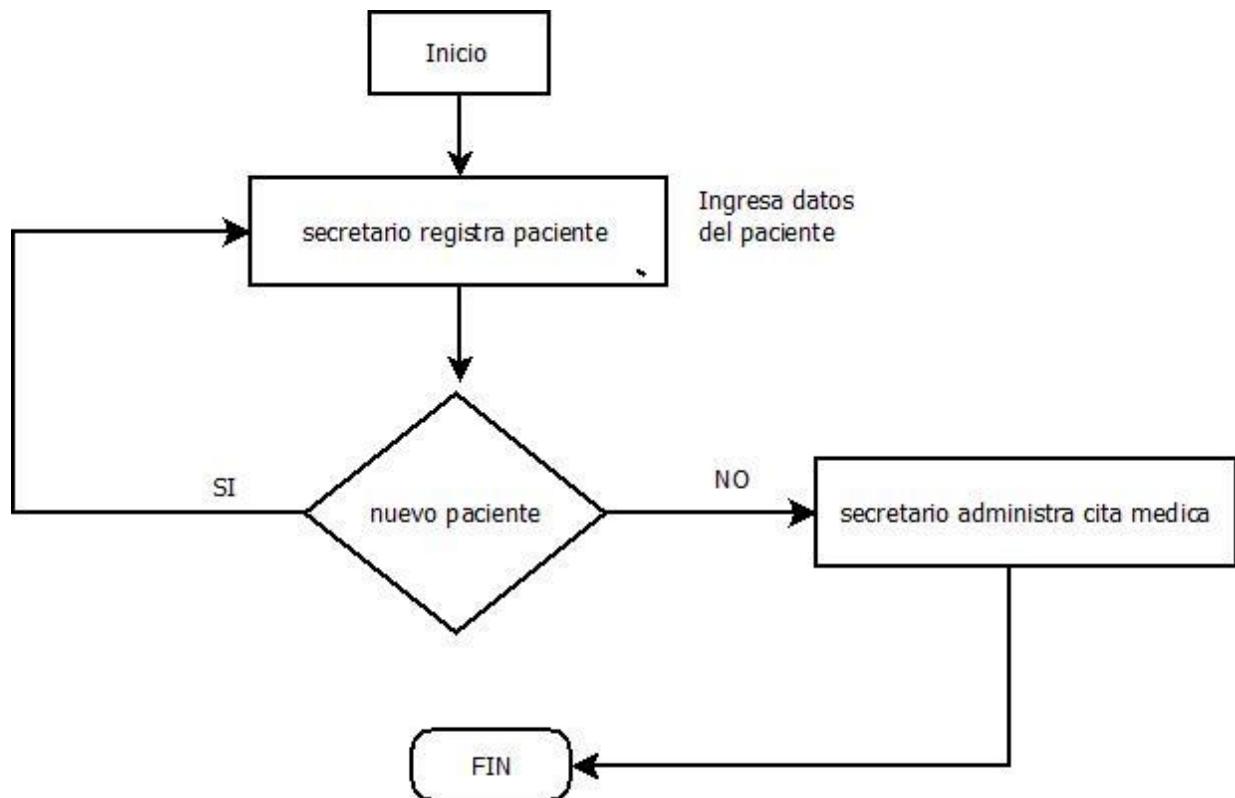
**Fuente:** Elaboración propia, 2018

**FIGURA 28 DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO PROPUESTO (MEDICO)**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

**FIGURA 29 DIAGRAMA DEL MODELADO DE PROCESO PROPUESTO (SECRETARIO)**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### **3.2 FORMALIZAR EL CONOCIMIENTO ADQUIRIDO DEL EXPERTO PARA DISEÑAR LA BASE DE HECHOS.**

#### **3.2.1 Selección de la metodología de desarrollo de S.E.**

A continuación, se detalla las ventajas y desventajas de las metodologías para desarrollar Sistemas Expertos:

**TABLA 3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGIA DE SISTEMAS EXPERTOS**

METODOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
BUCHANAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Constante relación entre el ingeniero de conocimiento y el experto de campo</li> <li>- Puede aplicarse a cualquier lenguaje de programación</li> <li>- Se hacen pruebas continuas durante el proyecto</li> <li>- Da lugar a una base de conocimiento y hechos sumamente organizada</li> <li>- Cuenta con una tasa de errores muy pequeña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los pequeños cambios o errores que surgen en el software completo pueden causar muchos problemas</li> <li>- la evaluación de riesgos es compleja</li> <li>- excesiva flexibilidad para algunos proyectos</li> </ul>
GROVER	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explica las soluciones (justifica las conclusiones)</li> <li>- Aumenta la habilidad para realizar análisis complejos</li> <li>- Capaz de utilizar grandes cantidades de conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe mucha información</li> <li>- Enfocada de manera muy general</li> <li>- No reconoce el límite de su conocimiento</li> </ul>
BRULE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Da lugar a una programación sumamente organizada</li> <li>- Ocasiona eficiencias en el proceso de planificación y pruebas</li> <li>- Facilita cambios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe mucha información</li> <li>- Es recomendable emplearla solo en proyectos a corto plazo</li> <li>- En caso de fallar las comisiones son muy altas</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

Se ha tomado la decisión de aplicar en el desarrollo del presente proyecto con la metodología Buchanan porque existe constante relación entre el ingeniero de conocimiento y el experto de campo ya que es un sistema de diagnóstico médico.

A continuación, se detallan las etapas de la metodología Buchanan

**a) Identificación**

- Se identifican los participantes y roles, los recursos, fuentes de conocimiento.
- Se establecen las facilidades computacionales y presupuestos.
- Se identifican los objetivos o metas.

**b) Conceptualización**

- Se analizarán los conceptos vertidos por el Experto de Campo
- Los mismos serán tomados en cuenta con sumo interés, pues el Experto de Campo es quién conoce en detalle los fundamentos particulares del tema a investigar.

**c) Formalización**

- Se identifican los conceptos relevantes e importantes.
- El resultado de formalizar el diagrama de información conceptual y los elementos subproblemas es una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento.

**d) Implementación**

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

**e) Testeo**

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

**f) Revisión del prototipo**

- Se reformulan los conceptos.
- Se rediseña y refina el prototipo.

### 3.2.2 Planificación de actividades

**TABLA 4 PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – METODOLOGÍA BUCHANAN**

ETAPA	METODOLOGÍA BUCHANAN	OBJETIVO S	ACCIONES	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	INSTRUMENTOS	PRODUCTO ENTREGABLE
Recopilación de Información	Identificación	Adquirir el conocimiento del experto oftalmólogo para la elaboración del sistema experto.	Realizar entrevistas al experto oftalmólogo para recopilar información para desarrollar el prototipo del sistema experto. Analizar los procedimientos actuales que realiza el oftalmólogo para la detección de la enfermedad de glaucoma. Realizar el modelado del proceso actual para determinar el diagnóstico de glaucoma. Realizar el modelado del proceso propuesto del prototipo del sistema experto para dar la solución al problema identificado.	Técnicas de recopilación de información Ingeniería de software El glaucoma	Entrevistas Cuestionarios Observación Diagramas UML Síntomas Tratamiento	
Diseño y desarrollo de la Base de Hechos	Conceptualización	Formalizar el conocimiento adquirido del experto para diseñar la base de hechos.	Seleccionar una metodología para el desarrollo del prototipo del sistema experto Planificar actividades envase a la metodología Realizar el modelado de las actividades Seleccionar el SGBD. Seleccionar los lenguajes de programación. Realizar la Base de Hechos con el conocimiento adquirido del experto.	Metodología de desarrollo de sistemas expertos Ingeniería de software Sistemas Expertos El glaucoma Gestores de B.D. Herramientas de programación	Tipos de metodologías de sistemas expertos Diagramas UML Tipos de Framework Síntomas Tratamientos Tipos de B.D Lenguajes de programación	Tablas comparativas
Diseño y desarrollo de la Base de Conocimientos	Formulación					

ETAPA	METODOLOGÍA BUCHANAN			ACCIONES	FUNDACIÓN TEÓRICA	INSTRUMENTOS	PRODUCTO ENTREGABLE
	IA	OBJETIVO S					
Desarrollo del sistema	Implementación			Construir la base de hechos empleando el conocimiento del experto Modelar la estructura de la memoria de trabajo	Patrones de arquitectura Cloud computing	Tipos de patrones de arquitecturas Google storage	
				Seleccionar la arquitectura del software. Seleccionar las tecnologías de desarrollo orientadas a la web. Identificar los actores Diseño de las interfaces gráficas del prototipo del sistema experto. Modelar la estructura de la base de conocimiento Diseñar diagramas UML necesarios. Implementar el módulo de consulta médica Implementar el módulo de administración del conocimiento Implementar el módulo de la memoria de trabajo Realizar pruebas a los módulos implementados Analizar las reglas de funcionamiento para realizar el diagnóstico de la enfermedad Analizar los requerimientos del módulo de explicaciones Diseñar módulo de Explicaciones	Gestores de B.D. Herramientas de programación Ingeniería de software Sistemas expertos Redes bayesianas Tecnologías de desarrollo web Patrones de arquitectura Metodología de desarrollo de sistemas expertos Cloud computing Patrones de arquitectura Glaucoma Ingeniería de software Sistemas expertos Redes bayesianas	Tipos de B.D Lenguajes de programación Tipos de herramientas de Tipos de herramientas de Tipos de Framework Diagramas UML Grafos acíclicos Tecnologías de desarrollo web Tipos de metodologías de sistemas expertos Google storage Tipos de patrones de arquitectura Síntomas Tratamientos Diagramas UML	Diagrama de uso, colaboración

ETAPA	METODOLOGÍA			ACCIONES	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	INSTRUMENTOS	PRODUCTO ENTREGABLE
	IA BUCHANAN	OBJETIVO S					
				Diseñar las reglas de funcionamiento para realizar el diagnóstico de la enfermedad. Diseñar el motor de inferencia Implementar el módulo de trazador de explicaciones Implementar el módulo de trazador de consultas Implementar el motor de inferencia Implementar módulo de explicaciones Realizar pruebas a los módulos implementados	Herramientas de programación Metodología de desarrollo de sistemas expertos Gestores de B.D. Cloud Computing Patrones de arquitectura Glaucoma	Tipos de Framework Grafos a cílicos Tipos de herramientas de programación Lenguajes de programación Tipos de metodologías de sistemas expertos Tipos de B.D Google storage Tipos de patrones de arquitectura Síntomas Tratamientos	
Pruebas del Sistema	<b>Testeo</b>  <b>Revisión del prototipo</b>	<b>Realizar pruebas al sistema experto</b>		Selección de los casos de prueba Diseñar los casos de prueba. Realizar pruebas	Ingeniería de software	Pruebas funcionales	Tablas de pruebas por caso de uso

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### 3.2.3 Modelado de las actividades

El prototipo del Sistema Experto se lo desarrollará en 3 iteraciones de la siguiente mane

- **Primera Iteración:** Desarrollo del módulo de Registro de usuario, módulo de inicio de sesión y módulo de consulta médica.
- **Segunda Iteración:** Desarrollo del módulo de la base de hechos, módulo de la base de conocimientos, módulo de Adquisición de conocimiento
- **Tercera Iteración:** Desarrollo del módulo de Motor de Inferencia, módulo de explicaciones.

### 3.2.4 Selección del SGBD

A continuación, se detalla las ventajas y desventajas de los Sistemas Gestores de Base de Datos.

**TABLA 5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS GESTORES DE BASE DE DATOS.**

SGBD	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MongoDB	<ul style="list-style-type: none"><li>• La escalabilidad y su carácter descentralizado hacen que soporten estructuras distribuidas.</li><li>• Permiten realizar sistemas más abiertos y flexibles debido a su fácil adaptación de nuevas evoluciones de nuestras aplicaciones web</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Problemas con sentencias SQL ya que no admiten el 100% de las consultas existentes.</li><li>• Los sistemas de bases de datos NoSQL carecen de interfaces gráficas para su uso y por tanto es posible que nos veamos obligados a trabajar mediante la consola de comandos.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren potentes recursos para poder trabajar con bases de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de estandarización entre las diferentes bases de datos NoSQL</li> </ul>
Redis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una velocidad muy por encima de la media respecto a otras DB de su tipo, gracias a su almacenamiento en memoria</li> <li>• Posibilidad de persistir datos en disco para recuperación ante fallas</li> <li>• Fácil configuración</li> <li>• Alta disponibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El método de persistencia RDB consume mucho I/O (escritura en disco)</li> <li>• Todos los datos trabajados deben encajar en la memoria (en caso de no usar persistencia física)</li> </ul>
Cassandra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de los datos tipo column family</li> <li>• Tolerante a fallos</li> <li>• Permite replicas a múltiples data centers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No orientado a transacciones</li> <li>• No recomendable para sistemas tipo OLTP</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

Una vez analizado las ventajas y desventajas de cada gestor de base de datos, se optó por el Gestor Cassandra ya que es el presenta las mejores características para el desarrollo y necesidades del proyecto, además es un SGBD compatible con la tecnología cloud computing

### 3.2.5 Selección de los lenguajes de programación

A continuación, se detalla las ventajas y desventajas de los lenguajes de programación.

**TABLA 6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.**

LENGUAJE S DE PROGRAMA CIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Python	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidad de uso</li> <li>• Legibilidad del código</li> <li>• Facilidad de escritura de código asíncrono</li> <li>• Facilidad de uso en dispositivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un lenguaje interpretado lo que lo vuelve más lento</li> <li>• La programación web en python es compleja.</li> </ul>
R	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es multiplataforma</li> <li>• Es de código abierto</li> <li>• Gráficos disponibles de gran calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene una vasta documentación</li> <li>• Los mensajes de error que R nos muestra, no especifica sobre los fallos que estamos realizando</li> <li>• Es un lenguaje de programación de línea de comando</li> </ul>
Java	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es independiente de la plataforma</li> <li>• Es un lenguaje orientado a objetos</li> <li>• Es relativamente fácil de aprender</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su sintaxis comparada a otros lenguajes es bastante engorrosa</li> <li>• El rendimiento en la ejecución de programas suele ser un poco menos</li> <li>• No es recomendable implementarlo con personas que apenas se unen a este mundo</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

De acuerdo con la tabla comparativa presentada, se determinó que el lenguaje de programación más adecuado al desarrollo del proyecto, es el lenguaje Python, ya que se desarrollara el sistema experto con la tecnología Cloud Computing y Google App

Engine, lenguaje de programación que es totalmente estable y compatible con las tecnologías mencionadas.

### 3.2.6 Selección del patrón de arquitectura

A continuación, se detalla las ventajas y desventajas de los patrones de arquitectura.

**TABLA 7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PATRONES DE ARQUITECTURA**

PATRÓN DE ARQUITECTURA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MVC	<ul style="list-style-type: none"><li>• La implementación se realiza de forma modular</li><li>• Sus vistas muestran información actualizada siempre</li><li>• Las modificaciones a las vistas no afectan al modelo de dominio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se necesita mayor dedicación en los tiempos de desarrollo</li><li>• Requiere la existencia de una arquitectura inicial sobre la que se deben construir clases e interfaces para modificar y comunicar</li><li>• La implementación es sumamente costosa y difícil en lenguajes que no siguen este paradigma</li></ul>
MVVM	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejora la facilidad de realizar testing</li><li>• Ofrece un diseño desacoplado</li><li>• Proporciona un único depósito de estados y políticas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La relación típica entre sus correspondientes vistas son normalmente una a muchas</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay situaciones donde ViewModel es consciente de otro ViewModel</li> </ul>
MVP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La vista puede ser fácilmente cambiada</li> <li>• La vista puede ser trabajada incluso por una persona diferente</li> <li>• La vista y el modelo pueden cambiar y ser muy diferentes sin que eso afecte demasiado al sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere una gran cantidad de código que no vale la pena hacer en proyectos fáciles y simples</li> <li>• Requiere una inmensa cantidad de código para conectar los presentadores con sus vistas y sus modelos</li> <li>• Requiere que pienses en la vista en forma abstracta lo cual es difícil para los formularios muy grandes</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

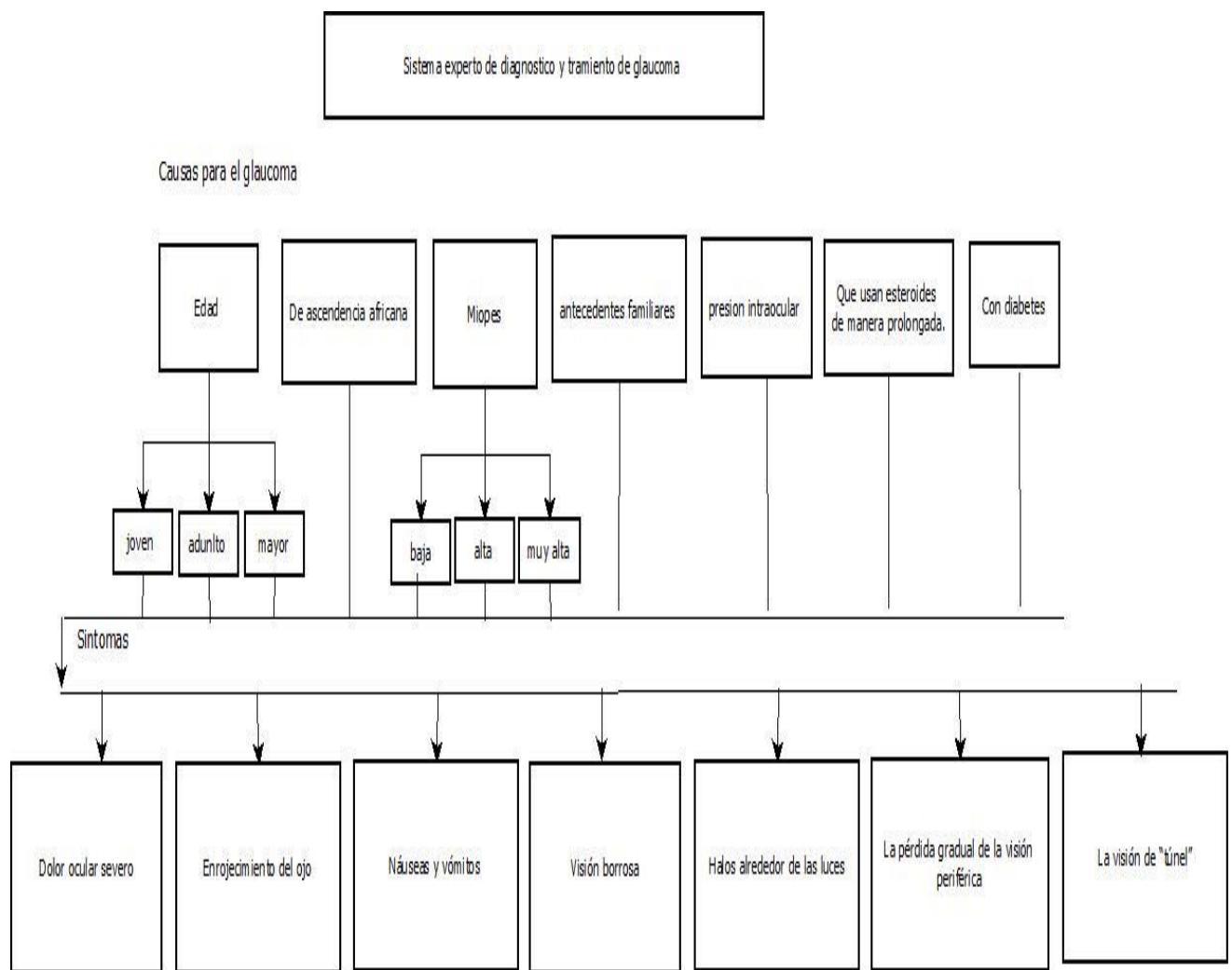
Una vez analizado las ventajas y desventajas de cada patrón de arquitectura, se optó por el patrón MVC ya que es el presenta las mejores características para el desarrollo y necesidades del proyecto, característica como la implementación que realiza de forma modular.

### 3.2.7 Diseño de la Base de Hechos

#### 3.2.7.1 Diagrama árbol de conocimiento

Continuación se describen las causas y los síntomas de la enfermedad recopilados del experto del área

**FIGURA 30 DIAGRAMA ARBOL DE CONOCIMIENTO**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### **3.2.7.2 Modelar la estructura de la memoria de trabajo**

#### **a) Descripción de las evidencias de la enfermedad de Glaucoma**

- E1: la enfermedad afecta a personas adultas (>45)
- E2: la enfermedad afecta a personas de ascendencia africana
- E3: la enfermedad afecta a personas con miopía(alta)
- E4: la enfermedad se presenta en personas con antecedentes familiares
- E5: la enfermedad afecta al nervio óptico
- E6: la enfermedad aumenta la presión intraocular (>22)
- E7: la enfermedad afecta a personas que usan esteroides de manera prolongada
- E8: la enfermedad afecta a personas con diabetes

#### **b) Descripción de los hechos de la enfermedad de glaucoma**

- H1: Enfermedad(glaucomaAnguloAbierto)
- H2: Enfermedad(glaucomaAnguloCerrado)
- H3: Enfermedad(glaucomaCronico)
- H4: Examen(tonometría)
- H5: Examen(dilatacionPupila)
- H6: Examen(pruebaCampoVisual)
- H7: Examen(pruebaAgudezaVisual)
- H8: Examen(paquimetría)
- H9: Examen(oftalmoscopia)
- H10: Examen(gonioscopia)
- H11: Examen(imagenNervioOptico)

### **c) Descripción de los síntomas del Glaucoma**

S1: Síntoma(dolorOcularSevero)

S2: Síntoma(enrojecimientoDelOjo)

S3: Síntoma(nauseas)

S4: Síntoma(vomitos)

S5: Síntoma(visionBorrosa)

S6: Síntoma(halosArededorde lasLuces)

S7: Síntoma(perdidaGradualde laVisionPereferica)

S8: Síntoma(visiondeTunel)

S9: Síntoma(enrojecimientodelOjo)

### **d) Descripción de las reglas**

R1: Es\_glucomaAnguloAbierto(X) :- X is perdidaGradualde laVisionPereferica, visiondeTunel.

R2: Es\_glucomaAnguloCerrado(x) :- X is dolorOcularSevero, náuseas, vomitos, halosArededorde lasLuces, visionBorrosa, enrojecimientodelOjo.

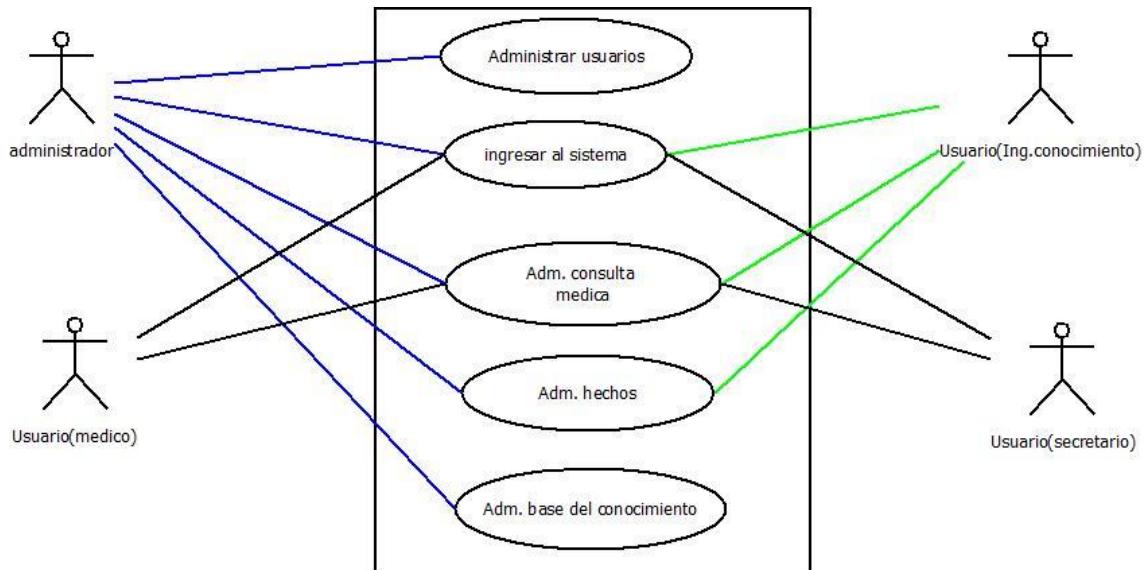
R3: Es\_glucomaCronico (X) :- x is perdidaGradualde laVisionPereferica.

### **3.3 Primera iteración**

En esta iteración se desarrolló el módulo de Registro de usuario, módulo de inicio de sesión y módulo de consulta médica.

#### **Caso de uso general de la iteración**

**FIGURA 31 DIAGRAMA CASO DE USO GENERAL DE LA ITERACIÓN**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### **3.3.1 Módulo de Registro de usuarios**

#### **3.3.1.1 Primera etapa: Identificación**

- El sistema debe permitir ingresar, registrar nuevos usuarios.
- El sistema debe permitir mostrar y actualizar datos de los usuarios.

#### **3.3.1.2 Identificar a los actores del modulo**

##### **a) Identificación y descripción de actores**

para el siguiente modulo se identificaron los siguientes actores:

**Administrador**

## Descripciones de funciones de los actores

**Administrador.** – Es el encargado de administrar todas las cuentas de usuario.

### b) Diagramas de caso de uso

#### 1) Diagrama de caso de uso por actor

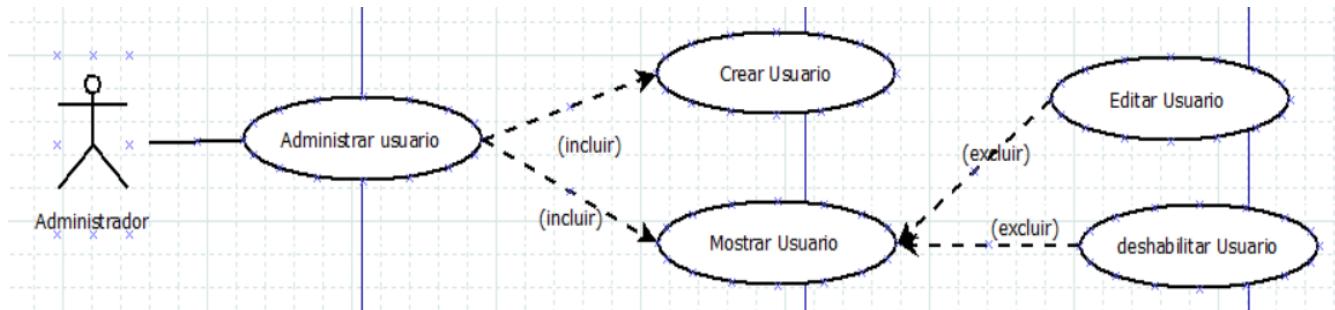
Los casos de uso por actor permiten visualizar las diferentes funcionalidades, actividades y tareas que tiene cada actor en el sistema.

**Actor:** Administrador.

**Caso de uso:** administrar usuario

**Descripción:** Es el encargado de registrar a todos los usuarios que interactúan con el sistema.

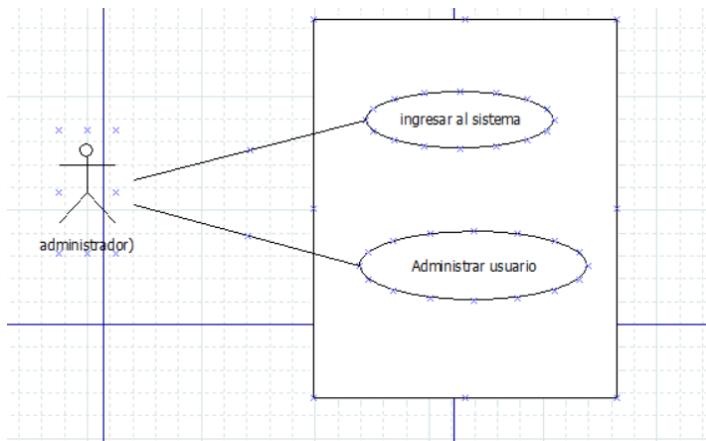
FIGURA 32 DIAGRAMA CASO DE USO POR ACTOR



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

#### 2) Diagrama de caso de uso General

**FIGURA 33 DIAGRAMA CASO DE USO POR ACTOR**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

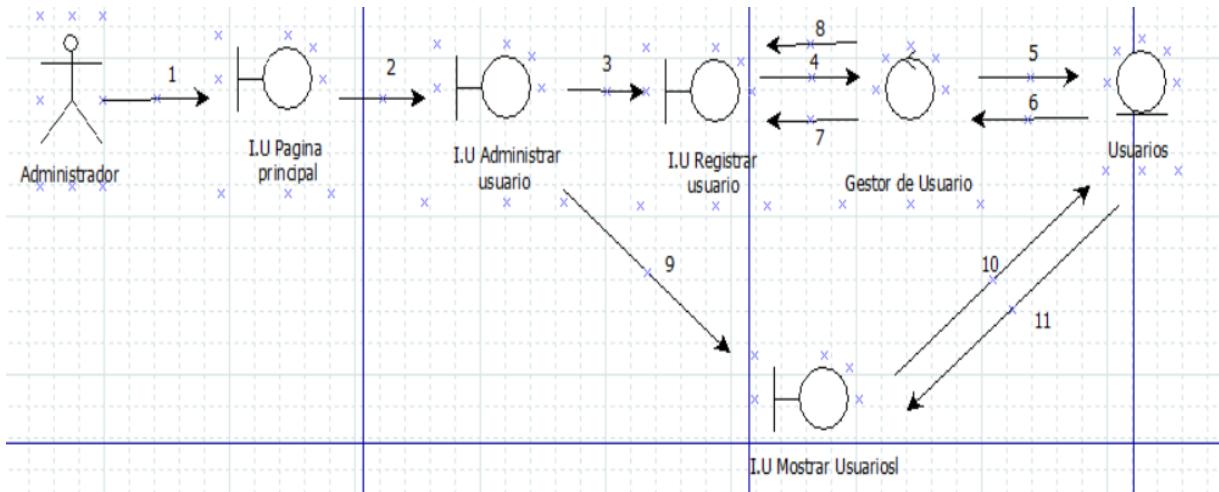
### 3.3.1.3 Segunda etapa: Conceptualización

se desarrollará los diagramas de colaboración

#### Diagramas de colaboración

Los siguientes diagramas de colaboración permitirán comprender a detalle cada caso de uso, de acuerdo a su función en el sistema como se muestra a continuación en las figuras.

**FIGURA 34 DIAGRAMA DE COLABORACION**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

Descripción del diagrama de colaboración

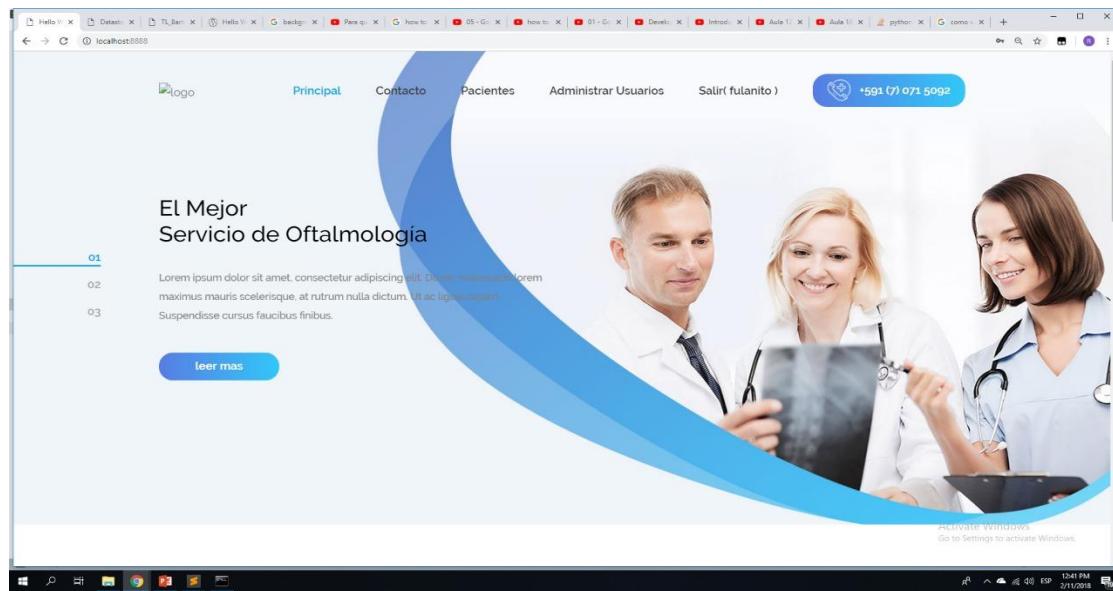
<u>Numero</u>	<u>Acción: Administrar</u>
1	Ingresá a la interface “Página principal”.
2	Ingresá a la interface “Administrar usuario (medico)” .
3	Ingresá a la interface “Registrar usuario” .
4	Envíá datos del proveedor para controlar si están correctos.
	<b><u>Si la respuesta es: Sí.</u></b>
5	Envíá datos para almacenarlos en la base de datos “Usuarios”.
6	Envíá confirmación de datos registrados.
7	Despliega interface “Registro realizado con éxito”.
	<b><u>Si la respuesta es: No.</u></b>
8	Despliega una pequeña interface “Datos incorrectos” .
9	Ingresá a la interface “Mostrar usuario” .
10	Solicita información de usuario .
11	Despliega una interface con el listado de los diferentes tipos de Usuarios.

### 3.3.1.4 Tercera etapa: Formalización

Se muestra las capturas de pantalla del módulo respectivo

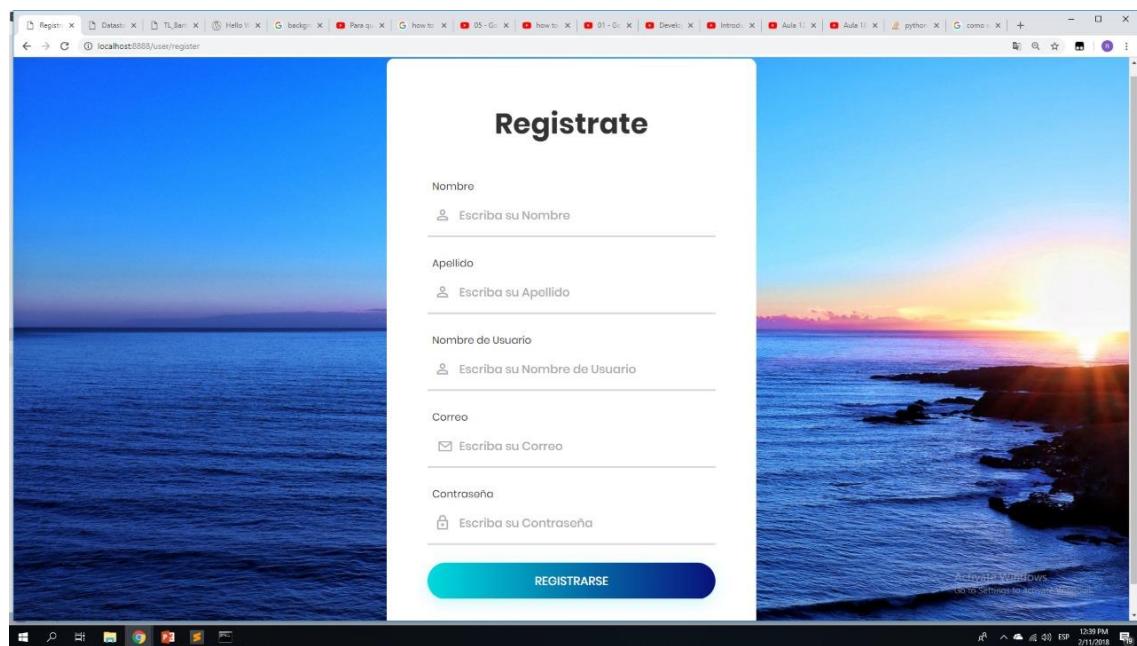
#### REGISTRO DE USUARIO

Selecciona la opción administrar usuario

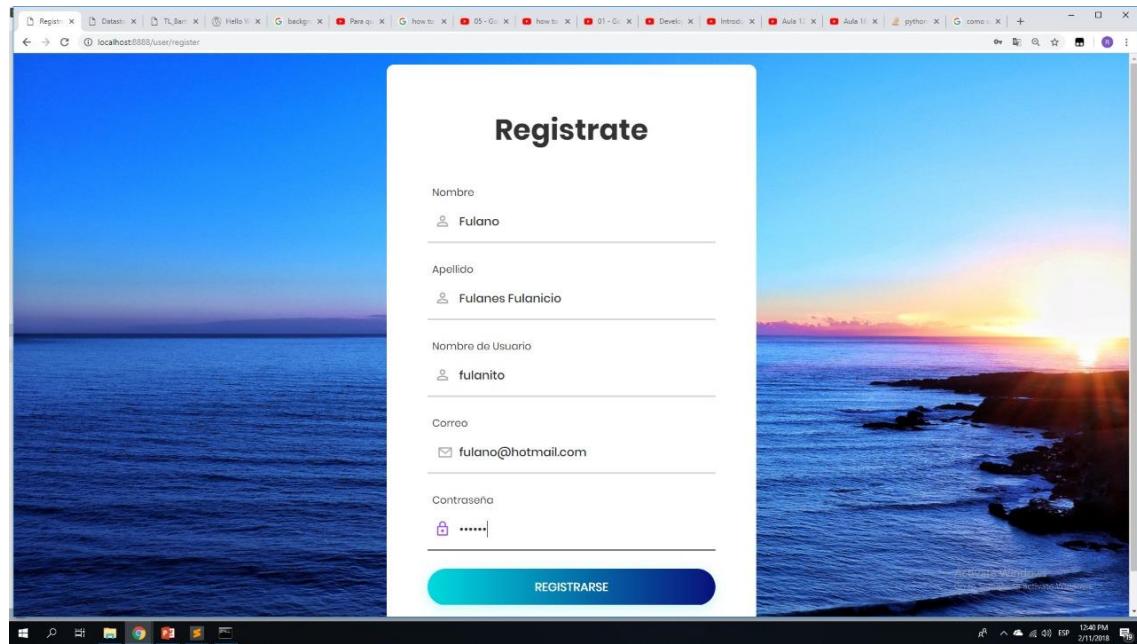


Seleccionar lista de usuario

## Seleccionar nuevo usuario



## Ingresa datos del nuevo usuario



Verifica en la lista de usuario que fue creado

Lista De Usuarios

Nombre	Apellido(s)	Usuario	Correo Electronico	Fecha de Creacion	Acciones
Fulanito jr	Fulanito Fulanito	fulanito	fulano@hotmail.com	2018-11-02 19:40:59.651000	<button>Modificar</button> <button>Eliminar</button>

Seleccionar editar usuario

Editar Usuario

Nombre  
Fulanito jr

Apellido(s)  
Fulanito Fulanito

Usuario  
fulanito

Correo Electronico  
fulano@hotmail.com

Actualizar Usuario

LOGO

Contacto

Links de Ayuda

Copyright ©2018

Ubicación: Av. San Martín N°173 entre Bolívar y Heroínas edificio PALMER 1er piso Oficina N°2

Teléfono: 4038290 - 70715092

Principal

Sobre Nosotros

Activate Windows  
Go to Settings to activate Windows

### 3.3.1.5 Cuarta etapa: Testeo

#### Pruebas al modulo

**TABLA 8 PRUEBAS DEL MODULO**

CASO DE USO	¿QUE SE PROBARA?	DESCRIPCIÓN N	PASOS	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO OBTENIDO
Adminis trar usuario	Mostrar mensaje de aceptación al momento que el usuario sea registrado	Se debe mostrar el mensaje de aceptación cuando el usuario sea registrado correctamente en la base de datos y así poder acceder a la página principal.	Paso1: el usuario ingresa nombre y apellido Paso2: usuario ingresa carnet de identidad Paso3: usuario selecciona el cargo que tiene Paso4: usuario ingresara la contraseña que guste	Se espera obtener un mensaje: <b>“USUARIO REGISTRADO CON EXITO”</b>	Se obtuvo el mensaje: <b>“USUARIO REGISTRADO CON EXITO”</b>
	Mostrar mensaje de error cuando el usuario ingrese usuario duplicado	Se mostrará el mensaje de error porque ya existe un usuario registrado con los mismos datos.	Paso1: ingresa dato nombre y apellido duplicado Paso2: ingresa dato carnet de identidad duplicado Paso3: ingresa dato cargo duplicado <u>Solo si en estos campos los datos son duplicados muestra el mensaje</u>	Se espera obtener un mensaje de: <b>“EL USUARIO YA EXISTE”</b>	se obtuvo el mensaje de: <b>“EL USUARIO YA EXISTE”</b>
	Mostrar mensaje de aceptación cuando el usuario realice modificaciones	Se mostrara el mensaje de aceptación cuando el usuario haya modificado algún dato de su registro	Paso1: el usuario modifica nombre y apellido Paso2: usuario modifica carnet de identidad Paso3: usuario modifica selecciona el cargo que tiene Paso4: usuario modifica la	Se espera obtener un mensaje de: <b>“SE MODIFICÓ CORRECTAMENTE”</b>	se obtuvo el mensaje de: <b>“SE MODIFICÓ CORRECTAMENTE”</b>

			<p>contraseña que guste <u>Se mostrara el</u> <u>mensaje cuando</u> <u>el usuario a ya</u></p>		
			<p><u>modificado</u> <u>cualquier de</u> <u>los campos</u></p>	<p>Se espera obtener un mensaje de: “<b>SE</b> <b>ELIMINÓ</b> <b>USUARIO CON</b> <b>ÉXITO”</b></p>	<p>se obtuvo el mensaje de: <b>“SE ELIMINÓ</b> <b>USUARIO CON</b> <b>ÉXITO”</b></p>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### 3.3.2 Módulo de Ingresar al sistema

#### 3.3.2.1 Primera etapa: Identificación

##### a) Requisitos funcionales del sistema para el modulo

El sistema debe permitir ingresar con su nombre de usuario y contraseña, además  
El sistema debe restringir de acuerdo a los roles y privilegios que tiene cada usuario

##### b) Identificar a los actores del modulo

Para el siguiente modulo se identificaron los siguientes actores:

Administrador

Usuario (medico)

Usuario (secretario)

Usuario (Ing. Conocimiento)

**c) Describir funciones de los actores**

**Administrador.** – Es el que podrá ingresar a todos los módulos del sistema

**Usuario(Medico).** – Este actor podrá interactúa de manera directa para realizar la consulta medica

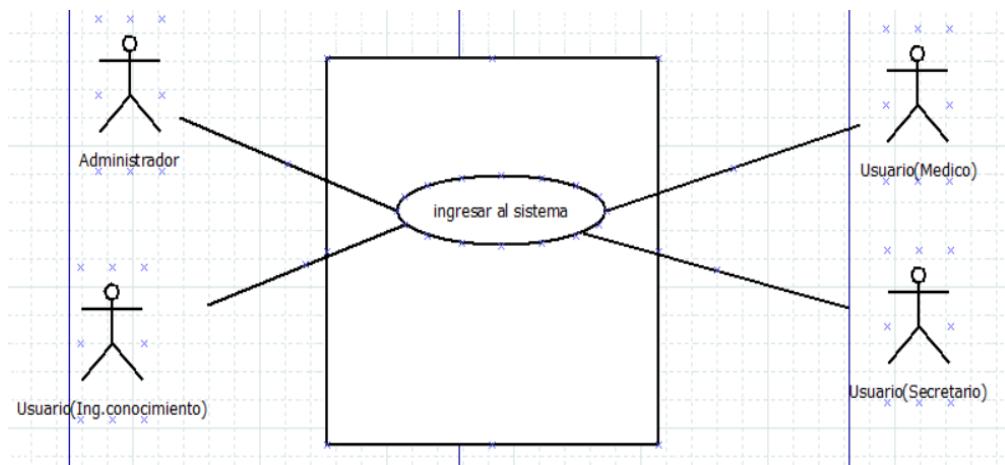
**Usuario(Secretario).** – Es el usuario que interactúa con la consulta médica.

**Usuario (Ing. Conocimiento).** - Es el usuario que interactúa con la base de hechos, base de conocimiento, módulo de adquisición de conocimiento.

**d) Diagrama de caso de uso**

**1) Diagrama de caso de uso general sistema**

**FIGURA 35 DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL SISTEMA**



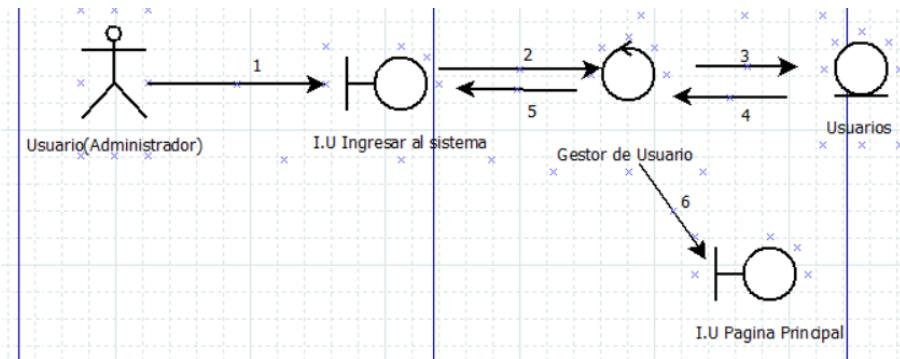
**Fuente:** Elaboración propia, 2018

**3.3.2.2 Segunda etapa: Conceptualización**

**Diagrama de colaboración**

**Administrador**

**FIGURA 36 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ADMINISTRADOR**

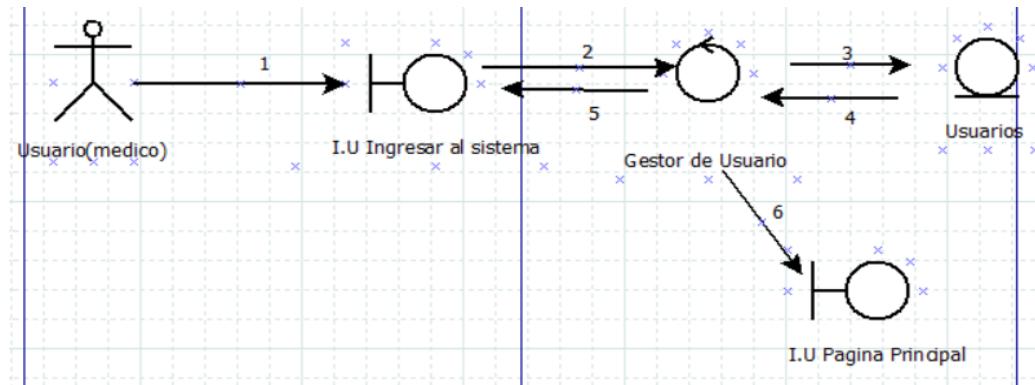


Fuente: Elaboración propia, 2018

1	El usuario(administrador) ingresa su contraseña
2	Envía requerimientos de datos que coincidan con la contraseña del usuario
3	Envía respuesta al requerimiento realizados
	Si la respuesta es positiva
4	Permite el ingreso al sistema
	Si la respuesta es negativa
5	Muestra mensaje de que los datos insertados no coinciden con los registros

## Medico

**FIGURA 37 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN MEDICO**

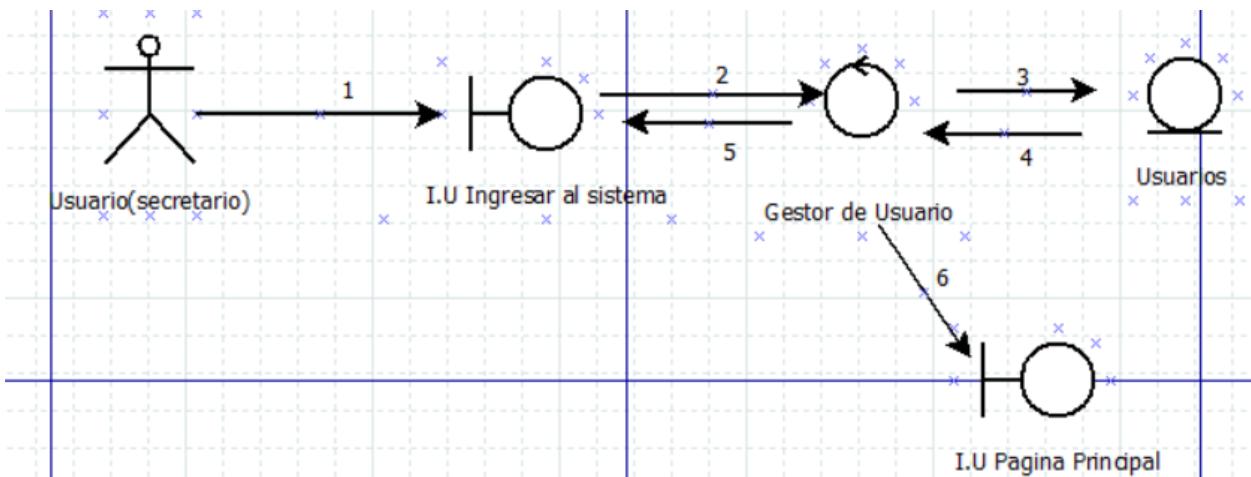


Fuente: Elaboración propia, 2018

1	El usuario(medico) ingresa su contraseña
2	Envía requerimientos de datos que coincidan con la contraseña del usuario
3	Envía respuesta al requerimiento realizados
	Si la respuesta es positiva
4	Permite el ingreso al sistema
	Si la respuesta es negativa
5	Muestra mensaje de que los datos insertados no coinciden con los registros

### Secretario

FIGURA 38 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN SECRETARIO



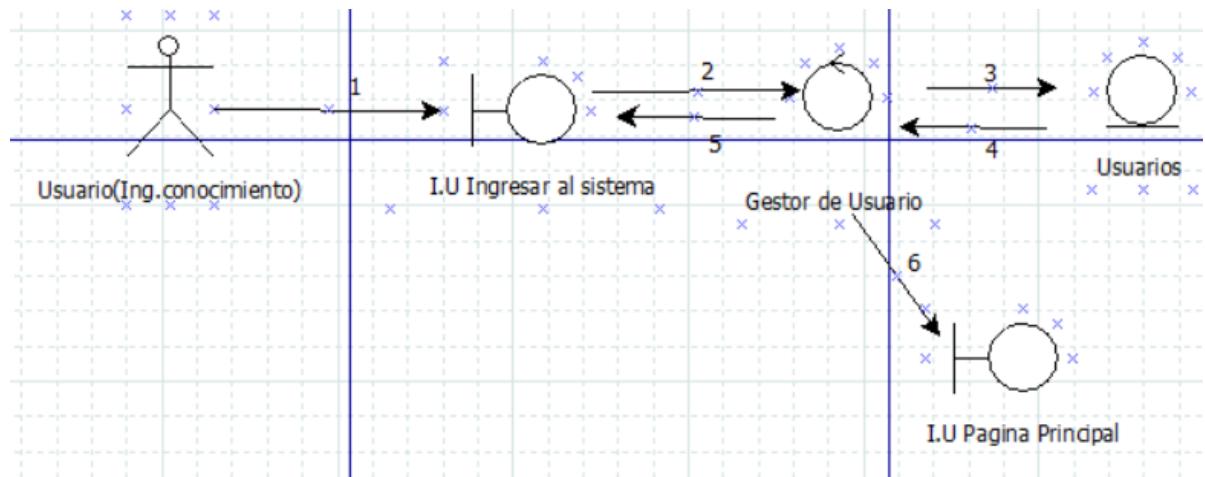
Fuente: Elaboración propia, 2018

1	El usuario(secretario) ingresa su contraseña
2	Envía requerimientos de datos que coincidan con la contraseña del usuario
3	Envía respuesta al requerimiento realizados
	Si la respuesta es positiva

4	Permite el ingreso al sistema
	Si la respuesta es negativa
5	Muestra mensaje de que los datos insertados no coinciden con los registros

### Ing. Conocimiento

FIGURA 39 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ING. CONOCIMIENTO



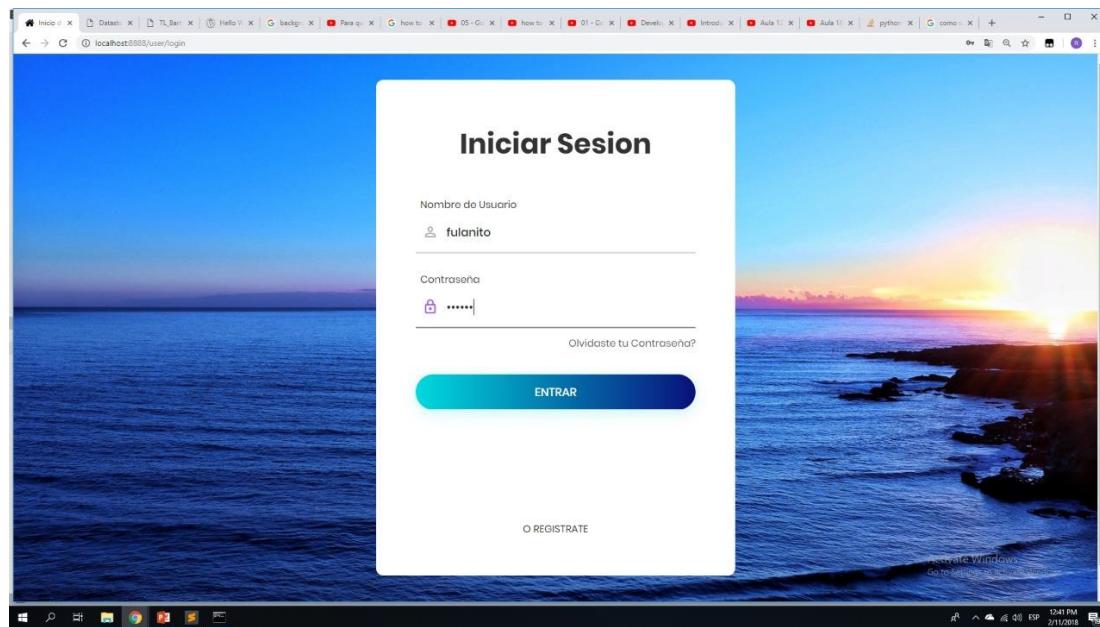
Fuente: Elaboración propia, 2018

1	El usuario(Ing. Conocimiento) ingresa su contraseña
2	Envía requerimientos de datos que coincidan con la contraseña del usuario
3	Envía respuesta al requerimiento realizados
	Si la respuesta es positiva
4	Permite el ingreso al sistema
	Si la respuesta es negativa
5	Muestra mensaje de que los datos insertados no coinciden con los registros

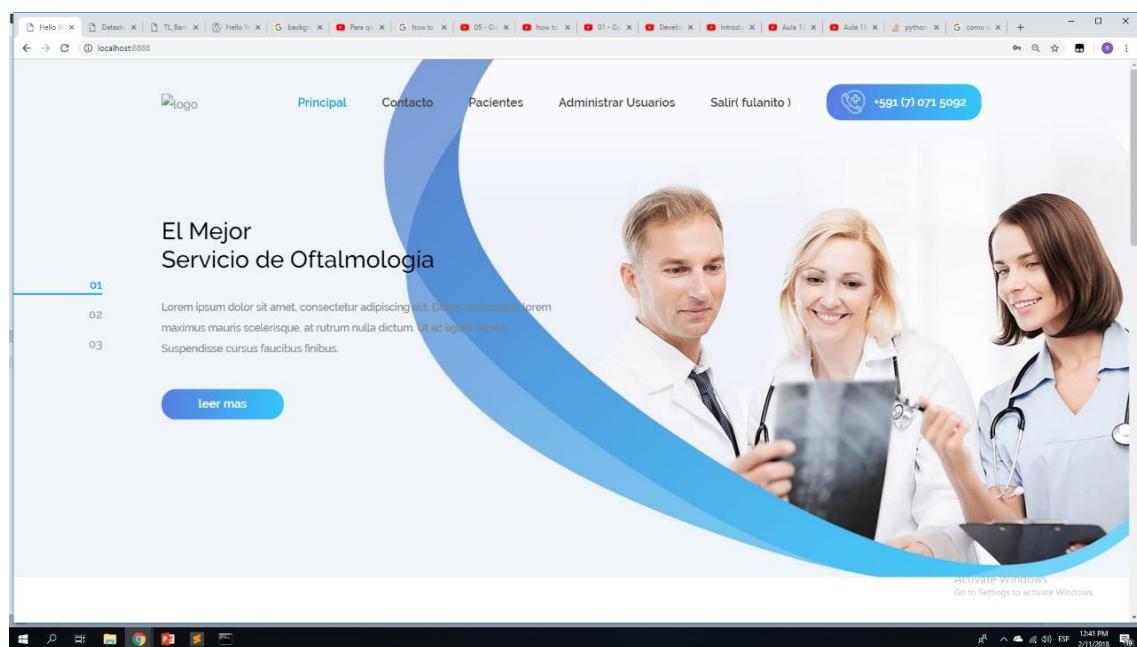
### 3.3.2.3 Tercera etapa: Formalización

Se muestra las capturas de pantalla del módulo respectivo

#### Ingresar datos de usuario



#### Ingreso a la interfaz principal



### **3.3.3 Módulo de Consulta médica**

#### **3.3.3.1 Primera etapa: Identificación**

##### **a) Requisitos funcionales del sistema para el modulo**

- El sistema debe gestionar citas medicas
- El sistema debe registrar a los pacientes que realizan la consulta medica
- El sistema podrá registrar los síntomas que presenta el paciente
- El sistema podrá registrar los resultados del examen del paciente

##### **b) Identificar a los actores del modulo**

Para el siguiente modulo se identificaron los siguientes actores

**Usuario(medico)**

**Usuario(secretario)**

##### **c) Describir funciones de los actores**

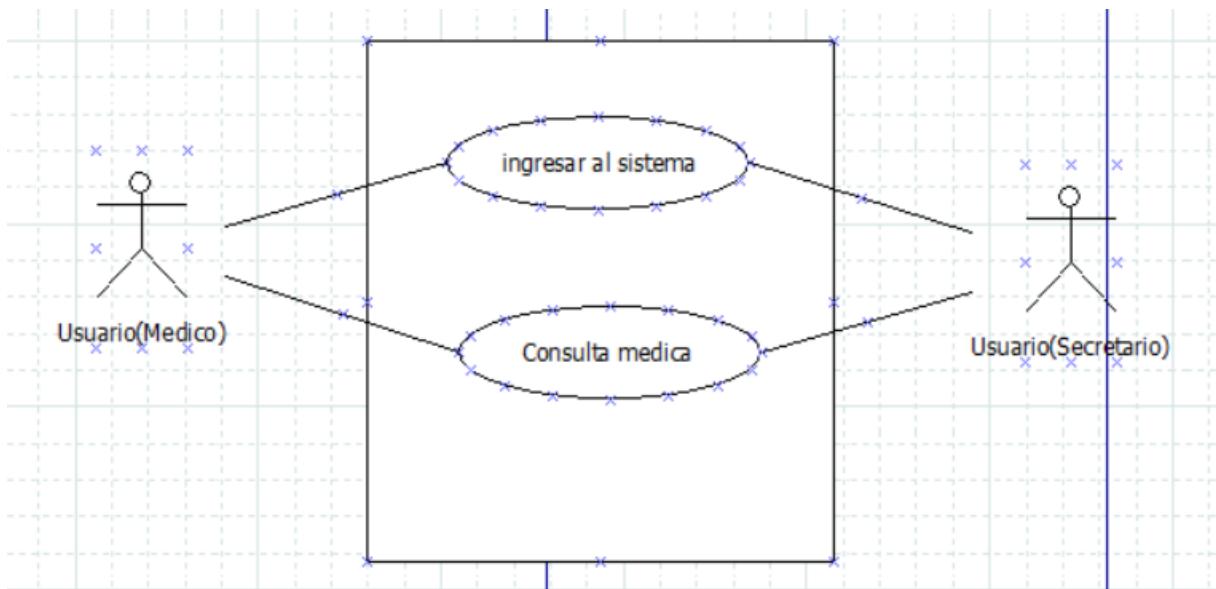
**Usuario(Medico).** – Es el usuario que va ingresar los síntomas y resultados de los exámenes del paciente.

**Usuario(Secretario).** – Es el usuario quien realiza las citas del médico y registra a los pacientes

##### **d) Diagrama de caso de uso**

###### **1) Diagrama de caso de uso general**

**FIGURA 40 DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL MODULO CONSULTA MEDICA**

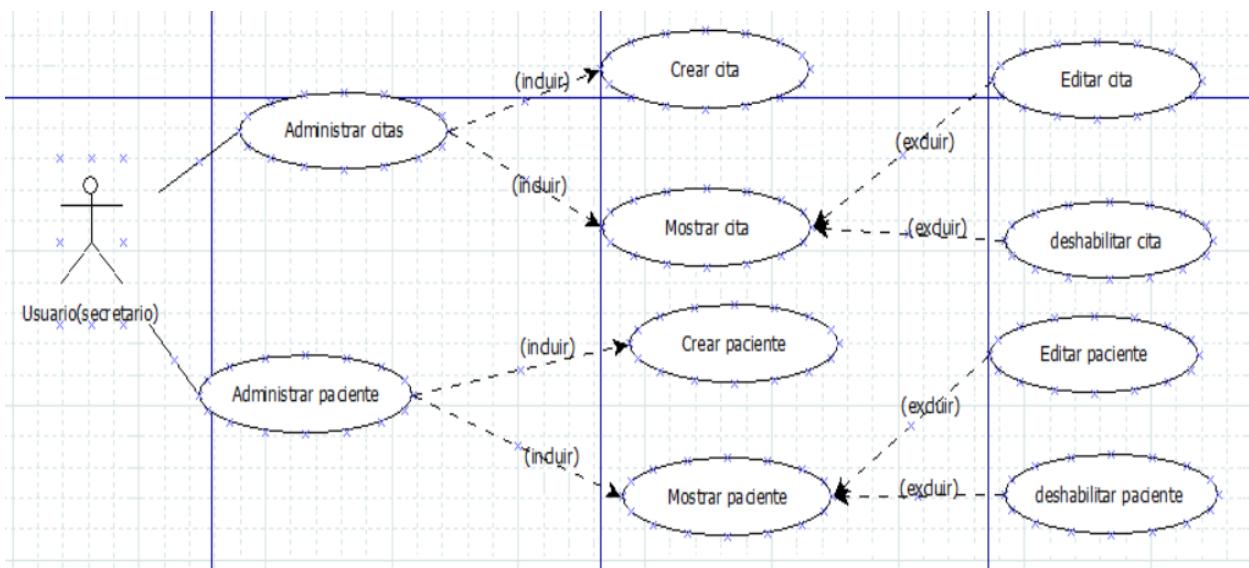


Fuente: Elaboración propia, 2018

## 2) Diagrama de caso de uso por actor

### Actor Secretario

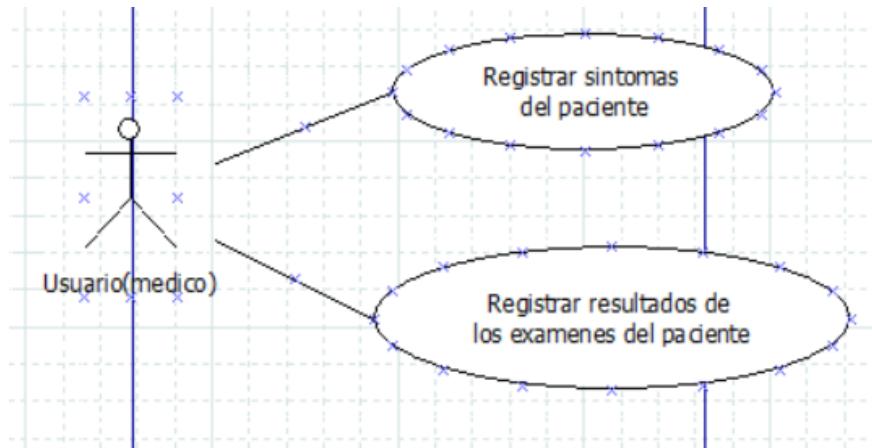
**FIGURA 41 DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTOR MODULO CONSULTA MEDICA  
SECRETARIO**



Fuente: Elaboración propia, 2018

## **Actor medico**

**FIGURA 42 DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTOR MODULO CONSULTA MEDICA MEDICO**

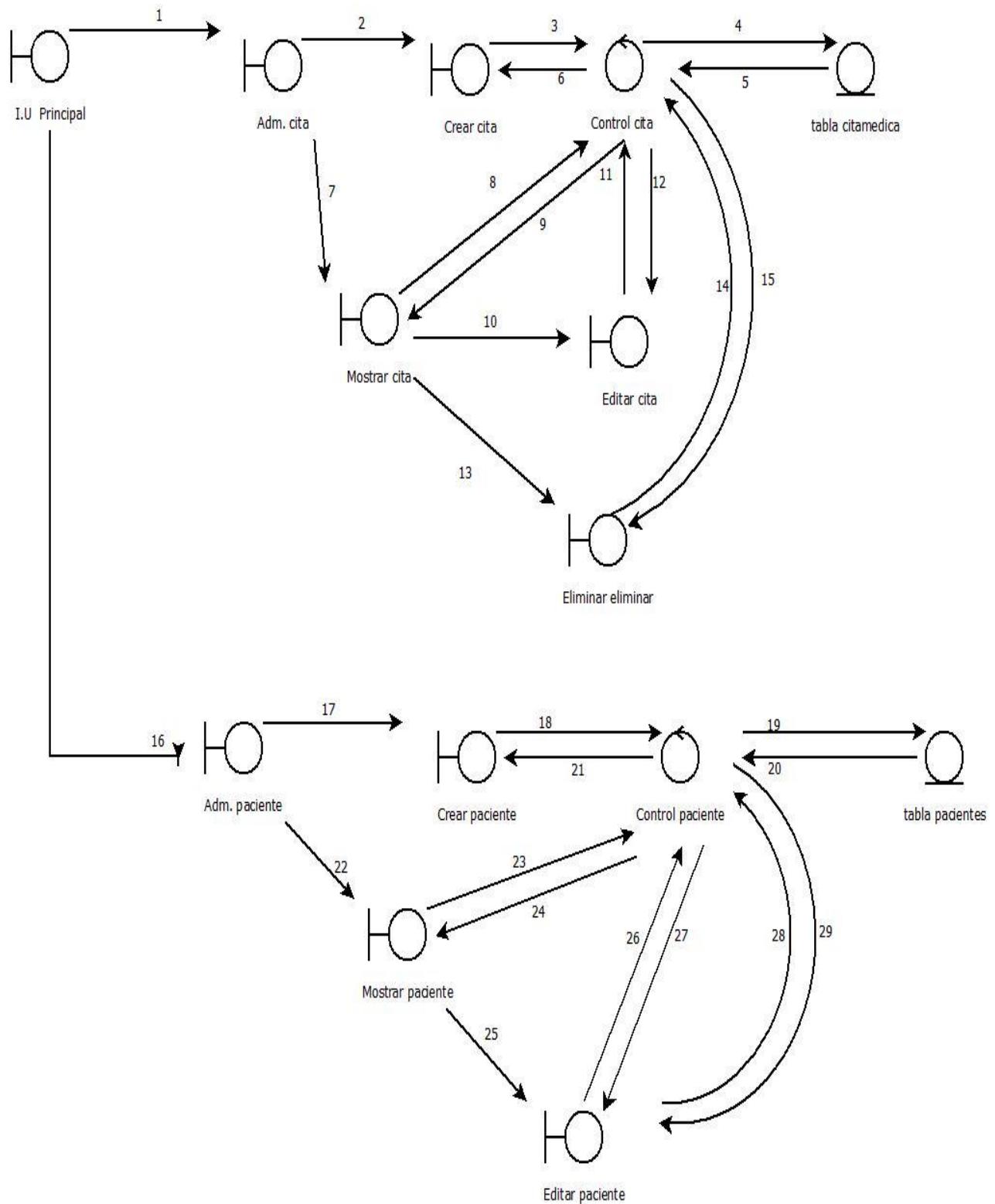


**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### **3.3.3.2 Segunda etapa: Conceptualización**

#### **Diagrama de colaboración**

**FIGURA 43 DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO CONSULTA MEDICA ADMINISTRAR CITA**



Fuente: Elaboración propia, 2018

## Acción administrar cita(medica)

### Acción crear cita

1	Seleccione la opción “administrar cita”
2	Seleccione la opción “crear cita”
3	Envía la información ingresada
4	Envía la información verificada a la tabla reserva
5	Retorna mensaje creación exitosa
6	Muestra mensaje “cita fue creado exitosamente”

### Acción mostrar cita

7	Seleccione la opción “mostrar cita”
8	Envía el requerimiento para mostrar cita
4	Hace requerimiento de datos a la tabla cita
5	Retorna datos
9	Muestra todas las citas

### Acción editar cita

10	Seleccione reserva a editar
11	Envía la información que se edito
4	Envía la información verificada a la tabla reserva
5	Retorna mensaje de edición exitosa
12	Muestra mensaje de edición exitosa

### Acción eliminar cita

13	Selecciones cita a eliminar
14	Enviar información que se elimino
4	Envía la información verificada a la tabla citas
5	Retorna mensaje de eliminación exitosa
15	Muestra mensaje de eliminación exitosa

## Acción administrar Paciente

### Acción crear paciente

16	Seleccione la opción “administrar paciente”
17	Seleccione la opción “crear paciente”
18	Envía la información ingresada
19	Envía la información verificada a la tabla pacientes
20	Retorna mensaje creación exitosa
21	Muestra mensaje “paciente fue creado exitosamente”

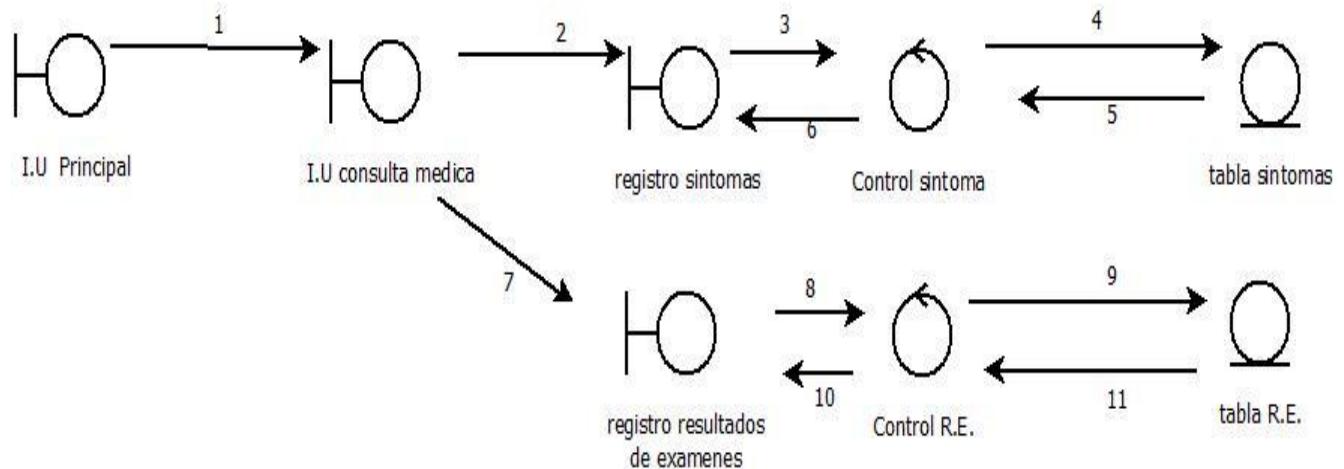
### Acción mostrar paciente

22	Seleccione la opción “mostrar paciente”
23	Envía el requerimiento para mostrar paciente
19	Hace requerimiento de datos a la tabla pacientes
20	Retorna datos
24	Muestra todos los paciente

### Acción editar paciente

25	Seleccione paciente a editar
26	Envía la información que se edito
19	Envía la información verificada a la tabla pacientes
20	Retorna mensaje de edición exitosa
27	Muestra mensaje de edición exitosa

**FIGURA 44 DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO CONSULTA MEDICA CONSULTA MEDICA**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

1	Seleccione la opción “consulta médica”
2	Seleccione la opción “registro de síntomas”
3	Envía la información ingresada
4	Envía la información verificada a la tabla síntomas
5	Retorna mensaje registro exitoso
6	Muestra mensaje “síntoma fue registrado exitosamente”
7	Seleccione la opción “registro resultados de exámenes”
8	Envía la información ingresada
9	Envía la información verificada a la tabla R.E.
10	Retorna mensaje registro exitoso
11	Muestra mensaje “R.E, fue registrado exitosamente”

### 3.3.3.3 Tercera etapa: Formalización

Se muestra las capturas de pantalla del módulo respectivo

Seleccionar consulta medica

Pacientes

Ingrese Datos Personales

Apellido Paterno: Fulanes  
Apellido Materno: Fulanicio  
Nombre(s): Fulano  
Fecha de Nac.: 21/08/1994  
Dirección: km 12 a quillacollo  
Tipo Documento: Carnet de Identidad Nro Documento: 7548665  
Estado Civil: Viudo(a) Ocupación: Ing Sistemas

Enviar Cancelar

Ingresar datos del paciente

Ingresar datos del paciente

Ingrese Datos Personales

Apellido Paterno: Fulanes  
Apellido Materno: Fulanicio  
Nombre(s): Fulano  
Fecha de Nac.: 21/08/1994  
Dirección: km 12 a quillacollo  
Tipo Documento: Carnet de Identidad Nro Documento: 7548665  
Estado Civil: Viudo(a) Ocupación: Ing Sistemas

Enviar Cancelar

LOGO

Copyright ©2018

Contacto

Ubicación: Av. San Martín N°173 entre Bolívar y Heroinas edificio PALMER 1er piso Oficina N°2  
Teléfono: 4038290 - 70715092  
Correo: tuCorreo@gmail.com

Links de Ayuda

Principal Sobre Nosotros

Contacto

Activate Windows  
Go to Settings to activate Windows

Ingrese Datos Personales

Apellido Paterno: Ingrese su apellido paterno

Apellido Materno: Ingrese su apellido materno

Nombre(s): Ingrese su nombre

Fecha de Nac.: dd/mm/yyyy

Direccion: Ingrese su dirección

Tipo Documento: Carnet de Identidad

Nro Documento: Ingrese su dirección

Estado Civil: Soltero(a)

Ocupacion: Ingrese su profesión

Enviar Cancelar

**LOGO**

Copyright ©2018

**Contacto**

Ubicacion: Av. San Martin N°173 entre Bolívar y Herminas edificio PALMER ter piso Oficina N°2  
Teléfono: 4038290 - 70715092  
Correo: tuCorreo@gmail.com

**Links de Ayuda**

Principal Sobre Nosotros Contacto

Activate Windows Go to Settings to activate Windows

12:41 PM ESP 2/11/2018

### 3.3.4 Módulo de base de hechos

#### 3.3.4.1 Primera etapa: Identificación

##### a) Requisitos funcionales del sistema para el modulo

- El sistema debe permitir ingresar, registrar nuevos hechos
- El sistema debe permitir mostrar y actualizar hechos

##### b) Identificar a los actores del modulo

Para el siguiente modulo se identificaron los siguientes actores

**Usuario (Ing. conocimiento)**

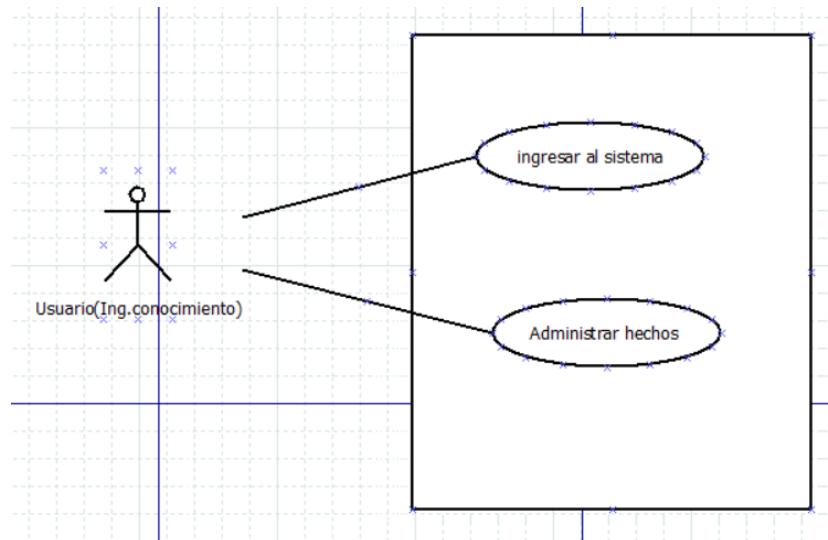
##### c) Describir funciones de los actores

**Usuario (Ing. conocimiento).** – Es el único usuario que podrá administrar los hechos

## d) Diagrama de Caso de uso

### 1) Diagrama de caso de uso general

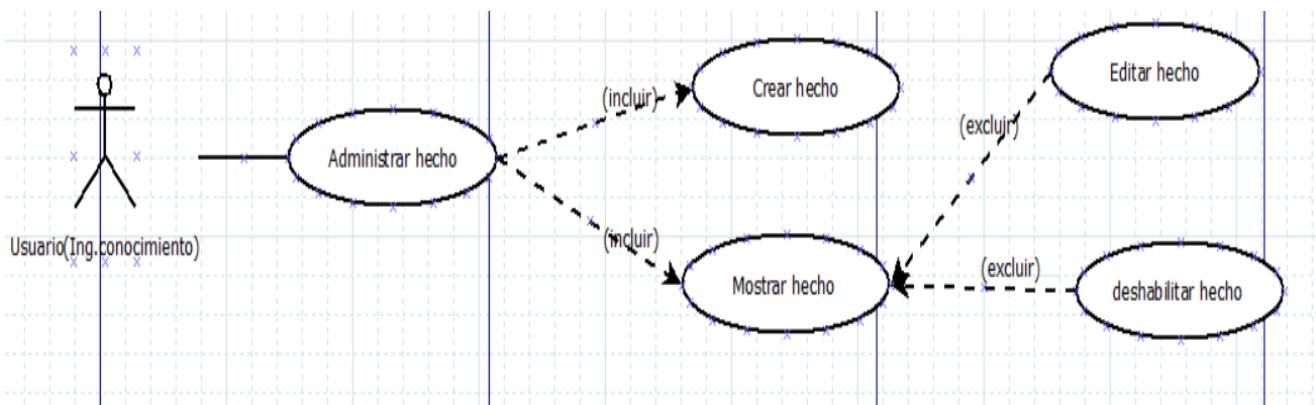
FIGURA 45 DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL MODULO BASE DE HECHOS



Fuente: Elaboración propia, 2018

### 2) Diagrama de caso de uso por actor

FIGURA 46 DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTOR MODULO BASE DE HECHOS

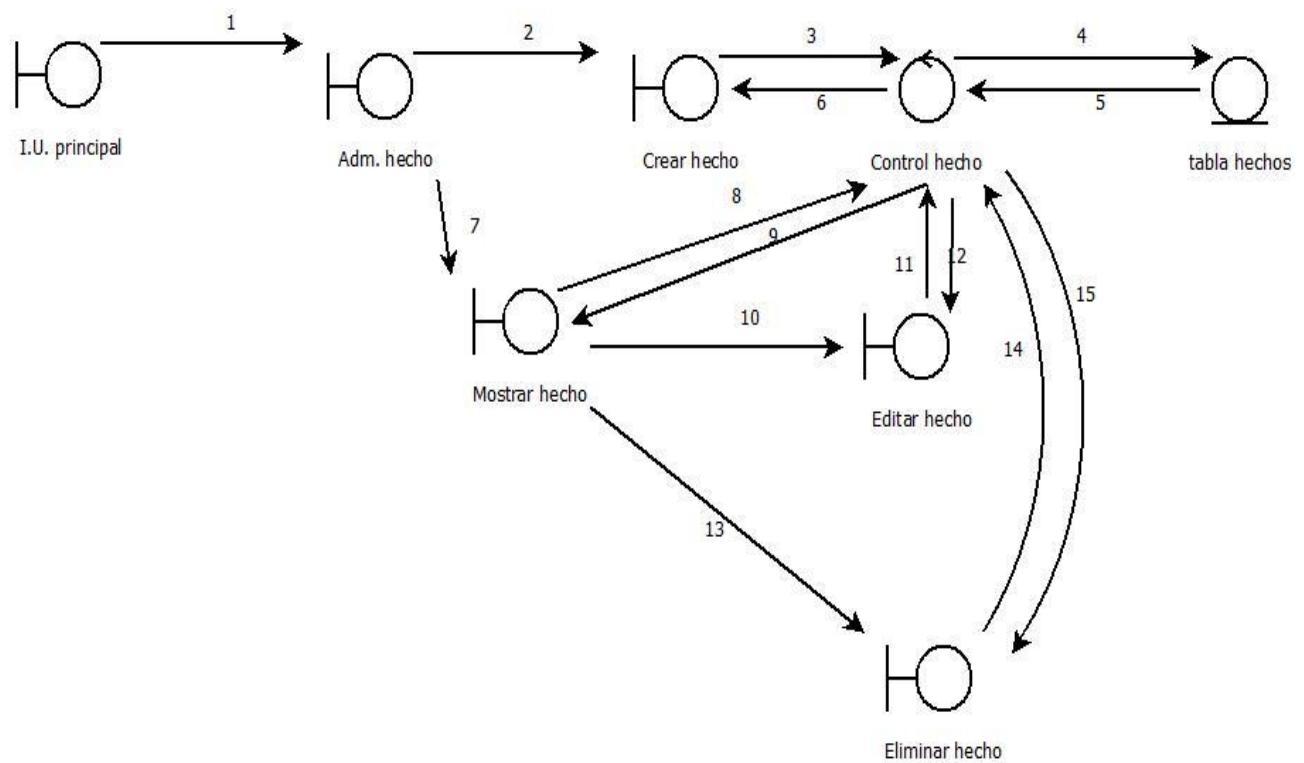


Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.3.4.2 Segunda etapa: Conceptualización

#### Diagrama de colaboración

**FIGURA 47 DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO BASE DE HECHOS ADMINISTRAR HECHOS**



Fuente: Elaboración propia, 2018

#### Acción crear hecho

1	Seleccione la opción “administrar hecho”
2	Seleccione la opción “crear hecho”
3	Envía la información ingresada
4	Envía la información verificada a la tabla hechos
5	Retorna mensaje creación exitosa
6	Muestra mensaje “hecho fue creado exitosamente”

#### Acción mostrar hecho

7	Seleccione la opción “mostrar hecho”
8	Envía el requerimiento para mostrar hecho
4	Hace requerimiento de datos a la tabla hechos
5	Retorna datos
9	Muestra todos los hecho

#### Acción editar hecho

10	Seleccione hecho a editar
11	Envía la información que se edito
4	Envía la información verificada a la tabla hechos
5	Retorna mensaje de edición exitosa
12	Muestra mensaje de edición exitosa

#### Acción eliminar cita

13	Selecciones hecho a eliminar
14	Enviar información que se elimino
4	Envía la información verificada a la tabla hechos
5	Retorna mensaje de eliminación exitosa
15	Muestra mensaje de eliminación exitosa

### 3.3.5 Módulo de base de conocimiento

#### 3.3.5.1 Primera etapa: Identificación

##### a) Requisitos funcionales del sistema para el modulo

- El sistema debe permitir ingresar, registrar nuevo conocimiento
- El sistema debe permitir mostrar y actualizar conocimiento

##### b) Identificar a los actores del modulo

Para el siguiente modulo se identificaron los siguientes actores

## **Usuario (Ing. conocimiento)**

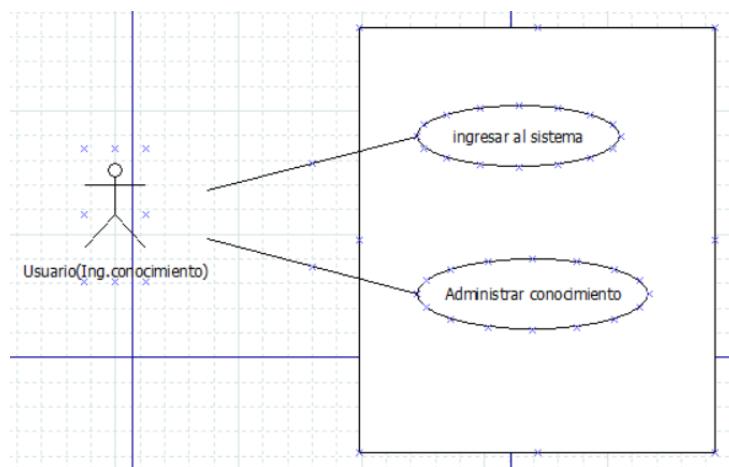
### **c) Describir funciones de los actores**

**Usuario (Ing. conocimiento).** – Es el único usuario que podrá administrar el conocimiento del sistema

### **d) Diagrama de Caso de uso**

#### **1) Diagrama de caso de uso general**

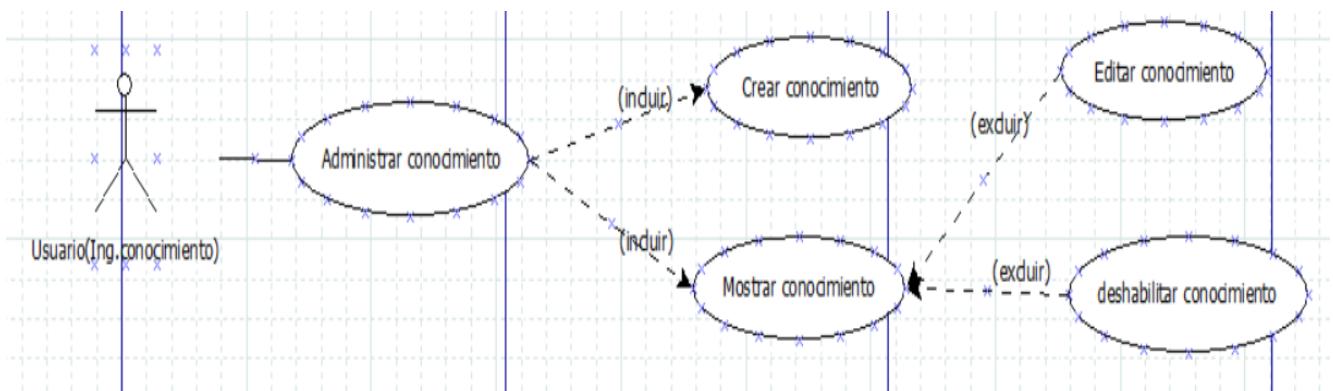
**FIGURA 48 DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL MODULO BASE DE CONOCIMIENTOS**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

#### **2) Diagrama de caso de uso por actor**

**FIGURA 49 DIAGRAMA DE CASO DE USO POR ACTORES MODULO BASE DE CONOCIMIENTOS**

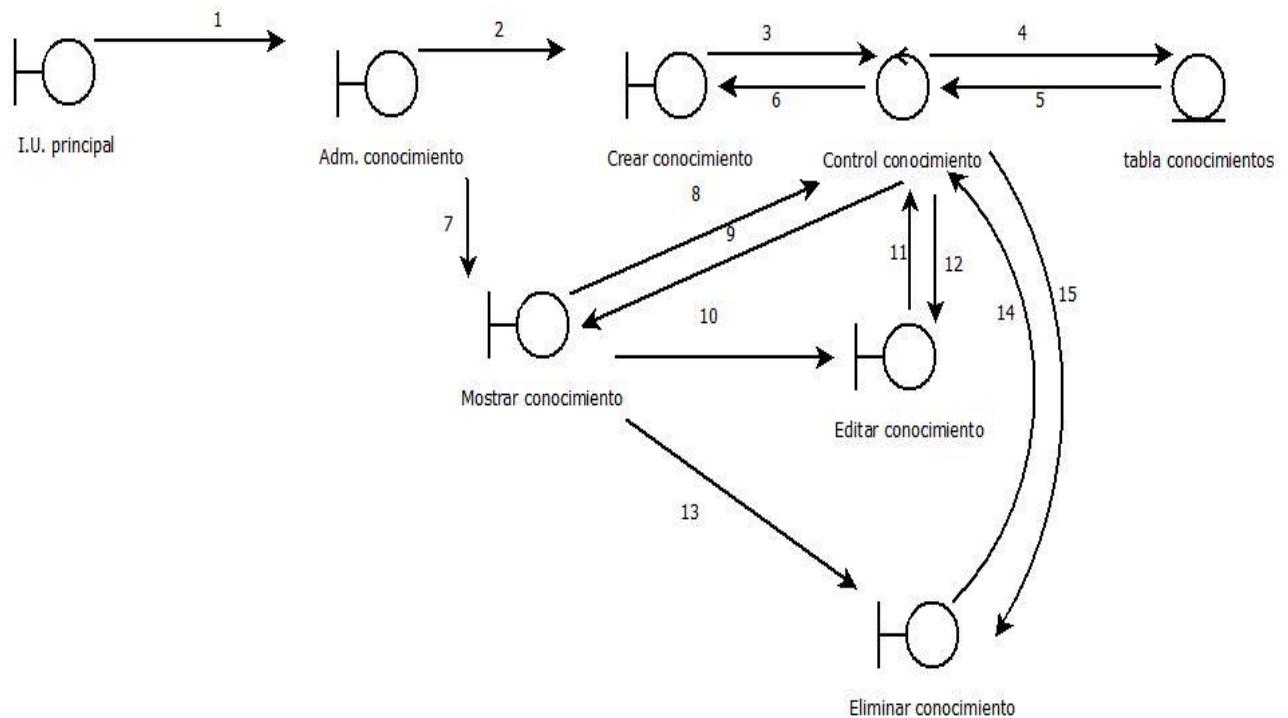


**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### 3.3.5.2 Segunda etapa: Conceptualización

#### Diagrama de colaboración

**FIGURA 50 DIAGRAMA DE COLABORACION MODULO BASE DE CONOCIMIENTOS  
ADMINISTRAR CONOCIMIENTO**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018

#### Acción crear BD

1	Seleccione la opción “administrar conocimiento”
2	Seleccione la opción “crear conocimiento”
3	Envía la información ingresada
4	Envía la información verificada a la tabla conocimientos
5	Retorna mensaje creación exitosa
6	Muestra mensaje “conocimiento fue creado exitosamente”

#### Acción mostrar hecho

7	Seleccione la opción “mostrar conocimiento”
8	Envía el requerimiento para mostrar conocimiento
4	Hace requerimiento de datos a la tabla conocimientos
5	Retorna datos
9	Muestra todos los conocimiento

Acción editar hecho

10	Seleccione conocimiento a editar
11	Envía la información que se edito
4	Envía la información verificada a la tabla conocimientos
5	Retorna mensaje de edición exitosa
12	Muestra mensaje de edición exitosa

Acción eliminar cita

13	Selecciones conocimiento a eliminar
14	Enviar información que se elimino
4	Envía la información verificada a la tabla conocimientos
5	Retorna mensaje de eliminación exitosa
15	Muestra mensaje de eliminación exitosa

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Bibliográficas

- GUTIERREZ, J. (1996). Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilisticos. España: Santander.
- PRESSMAN. (2007). Ingenieria de Software un enfoque practico . Madrid: McGraw-Hill Education.
- CASTILLO, E. (1998). Aprendisaje en redes bayesianas y modelos de redes probabilísticas . Madrid : Universidad Catabria.
- CIENFUEGOS, N. (17 de febrero de 2014). Tecnicas de recopilacion de informacion.
- FROST, A. R. (1989). Bases de datos y sistemas Expertos. Ingenieria del conocimiento . Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- GUTIERREZ, J. (1996). Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilisticos. España: Santander.
- HAMFREE, Y. (19 de Marzo de 2018). MDN web docs.
- KENDALL, J. (2007). Analisis y Diseno de sistemas . Mexico: Pearson Educacion.
- KOLLER, D. (2009). Probabilistic Graphical Models. Valencia : Univercidad de Almaria
- LOPEZ, J. (2011). Utilidad de las redes bayesianas en psicologia. Madrid: Servicio de Publicaciones S.L.
- MATEU, C. (2004). Desarrollo de aplicaciones web. Catalunya: Catalunya: Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya.
- PRESSMAN. (2007). Ingenieria de Software un enfoque practico . Madrid: McGraw-Hill Education.
- PUERTA, J. (1998). Aprendisaje automatico de modelos. Catalunia: Universidad De Castilla-La.
- RUMBAUGH, J. (2000). El Lenguaje Unificado de Modelado Manual de Referencia . Madrid: Rational Software Corporation.

### Referencias de sitios Web

- AGUERRO, L. (12 de Julio de 2013). Ingenieria. Obtenido de [https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT\\_13\\_24.pdf](https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf)

- BAEZ, S. (20 de Octubre de 2012). KnowDo. Obtenido de  
<http://www.knowdo.org/knowledge/39-sistemas-web>
- CIENFUEGOS, N. (17 de febrero de 2014). Tecnicas de recopilacion de informacion.
- Gil, J. (27 de Septiembre de 2015). Prezi. Obtenido de  
<https://prezi.com/okioikvy5viy/redis/>
- LIM, L. (24 de Octubre de 2016). Mi vida programando con python. Obtenido de  
<https://mividaprogramando.wordpress.com/2016/10/24/ventajas-desventajas-palabras-reservadas-de-python/>
- Maria, L. (15 de julio de 2016). Sistemas Expertos y Simulacion . Obtenido de Grupo investigacion :  
<http://udistrital.edu.co/bitstream/11349/5200/1/CepedaValeroLinaMaria2017.pdf>
- MENESES, M. (24 de Mayo de 2016). AdictosAlTrabajo. Obtenido de  
<https://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/zk-mvc-mvvm/>
- MOLINA, J. (25 de Mayo de 2017). ProfesorMolina. Obtenido de  
[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/sist\\_exp.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/sist_exp.htm)
- MONTES, J. (19 de Junio de 2011). JoseOnline. Obtenido de  
<http://www.joseonline.com/post/2011/06/19/introduccion-a-google-app-engine-plataforma-como-servicio>
- PEREZ, L. (21 de Agosto de 2014). Base de datos. Obtenido de  
<http://perezlili.blogspot.com/2014/08/base-de-datos.html>
- SUCAR, L. (12 de Marzo de 2016). ClasesEsucar. Obtenido de  
<https://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-mgp/caprb.pdf>
- ZORRILLA, M. (04 de Enero de 2017). STRUc. Obtenido de Univercidad de cantabria :  
[https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2396/course/section/2473/NoSQL\\_Tema2\\_Cassandra.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2396/course/section/2473/NoSQL_Tema2_Cassandra.pdf)
- AGUERRO, L. (12 de Julio de 2013). Ingenieria. Obtenido de  
[https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT\\_13\\_24.pdf](https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf)
- BAEZ, S. (20 de Octubre de 2012). KnowDo. Obtenido de  
<http://www.knowdo.org/knowledge/39-sistemas-web>

- CARCAMO, R. (23 de Agosto de 2016). Lenguajes de Programacion . Obtenido de [http://rodrigohcarmo.blogspot.com/2016/08/lenguaje-de-programacion\\_23.html](http://rodrigohcarmo.blogspot.com/2016/08/lenguaje-de-programacion_23.html)
- EASYSADMIN, G. S. (08 de abril de 2016). Cata Tons. Obtenido de <https://blog.datatons.com/2016/04/08/que-es-lenguaje-programacion-r/>
- ECMA . (03 de agosto de 2017). Introduccion de JSON. Obtenido de <https://www.json.org/json-es.html>
- Espinosa, G. (05 de julio de 2014). Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/232659784/Diagram-a-Cola-Borac-i-On>
- FERNANDEZ, R. (10 de Julio de 2014). Servicio de Informatica . Obtenido de <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>
- FLORES, J. (03 de Septiembre de 2017). Codigofacilito. Obtenido de <https://codigofacilito.com/articulos/que-es-html>
- GIL, J. (27 de Septiembre de 2015). Prezi. Obtenido de <https://prezi.com/okioikvy5viy/redis/>
- LIM, L. (24 de Octubre de 2016). Mi vida programando con python. Obtenido de <https://mividaprogramando.wordpress.com/2016/10/24/ventajas-desventajas-palabras-reservadas-de-python/>
- LINA, M. (15 de julio de 2016). Sistemas Expertos y Simulacion. Obtenido de Grupo investigacion:  
<http://udistrital.edu.co/bitstream/11349/5200/1/CepedaValeroLinaMaria2017.pdf>
- Llontop, A. (27 de Noviembre de 2017). Adictec. Obtenido de <https://adictec.com/tipos-pruebas-de-software/>
- MELISA, J. (12 de Julio de 2016). Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/316054951/Metodologia-de-Buchanan>
- MOLINA, J. (25 de Mayo de 2017). ProfesorMolina. Obtenido de [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/sist\\_exp.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/sist_exp.htm)

- MOTES, J. (19 de Junio de 2011). JoseOnline. Obtenido de <http://www.joseonline.com/post/2011/06/19/introduccion-a-google-app-engine-plataforma-como-servicio>
- MURCIA, D. (30 de Abril de 2014). Programacion java. Obtenido de <http://programemosenjava.blogspot.com/2014/04/ventajas-y-desventajas-de-java.html>
- OBERTA, d. C. (05 de abril de 2017). Jesuites Educacion. Obtenido de <http://fp.uoc.edu/blog/los-tipos-de-aplicaciones-web-que-existen/>
- ORTIZ, M. A. (24 de Julio de 2015). La Nube. Obtenido de <http://lanube.wikidot.com/ventajas-y-desventajas-de-cloud-computing>
- PEREZ, J. (Martes de Julio de 2016). Di-Mare. Obtenido de <http://www.dimare.com/adolfo/cursos/2007-2/pp-Prolog.pdf>
- PEREZ, L. (21 de Agosto de 2014). Base de datos. Obtenido de <http://perezlili.blogspot.com/2014/08/base-de-datos.html>
- REY, J. (3 de Noviembre de 2015). AdictosAlTrabajo. Obtenido de <https://erikcaffrey.github.io/ANDROID-mvp/>
- ROMERO, M. (06 de Mayo de 2015). Web. Obtenido de <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/aplicacion/http.html>
- SANTANDER, J. (6 de Junio de 2017). Xamarin . Obtenido de <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/xamarin-forms/enterprise-application-patterns/mvvm>
- SIMON, A. (2 de Marzo de 2006). Aprende Web. Obtenido de [https://aprende-web.net/progra/ajax/ajax\\_1.php](https://aprende-web.net/progra/ajax/ajax_1.php)
- SUAREZ, R. (10 de Julio de 2014). Inteligencia Artificial. Obtenido de <http://disi.unal.edu.co/~lctorress/sistemasExpertos/IAc005.pdf>
- SUCAR, L. (12 de Marzo de 2016). ClasesEsucar. Obtenido de <https://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-mgp/caprb.pdf>
- TM INSTITUTO, M. (15 de abril de 2017). Programacion web. Obtenido de <https://programacionwebisc.wordpress.com/2-1-arquitectura-de-las-aplicaciones-web/>

Torres, A. (11 de Octubre de 2017). ComparaHosting . Obtenido de  
<https://www.comparahosting.com/p/que-es-cloud-storage/>

ZORRILLA, M. (04 de Enero de 2017). STRUc. Obtenido de Univercidad de cantabria:  
[https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2396/course/section/2473/NoSQL\\_Tema2\\_Cassandra.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2396/course/section/2473/NoSQL_Tema2_Cassandra.pdf)

## Anexos

### **ANEXOS A: ENTREVISTA AL OFTALMÓLOGO CIRUJANO**

El Dra. Martha Arévalo Escobar es Médico Cirujano, especialista en Oftalmología, quien define el glaucoma como un grupo de enfermedades en las cuales hay un daño agudo o crónico, (más frecuentemente crónico) del nervio óptico, el cual sin un tratamiento adecuado puede conducir a la ceguera, siendo su causa más frecuente la elevación de la presión ocular; pero sin embargo hay algunas personas que generan un daño en el nervio óptico con una presión relativamente normal. El glaucoma afecta en primera instancia, el campo visual del paciente, y a muy largo plazo su agudeza visual; y aunque conserve la nitidez en su visión de frente, se reduce su campo visual.

La característica principal es la falta de síntomas, aunque el glaucoma agudo genera algunos síntomas como dolor, visión borrosa y/o con halos alrededor de las luces, por lo que es recomendable consultar con su oftalmólogo periódicamente, dice Arévalo; a lo cual también argumenta que los principales factores de riesgo son la edad avanzada, la herencia y la raza (afrodescendiente glaucoma de ángulo abierto y asiáticos glaucoma ángulo cerrado).

También indica la importancia de la constancia por parte de los pacientes que tienen esta enfermedad, con la medicación dada por el especialista; ya que es una forma de mantener controlada la patología, por lo cual es fundamental realizar los exámenes del diagnóstico especializados para su detección temprana, y así prevenirla a través de procedimientos de Iridotomía con láser (ángulo cerrado), o controlarla a través de cirugía de Trabeculectomía e implantes, y terapia farmacológica.

Para sobrellevar esta enfermedad es fundamental que el paciente siga las indicaciones de su especialista y cuente con un acompañamiento permanente por parte de su familia, ya que esta enfermedad requiere tratamiento continuo y constante.

## **ANEXOS B CUESTIONARIO PARA EL EXPERTO DEL AREA(OFTALMOLOGO)**

¿Qué es el glaucoma?

R.

¿Cuáles son los procesos que realiza para la detección de la enfermedad?

R.

¿Que causa el glaucoma?

R.

¿Cuáles son los síntomas del glaucoma?

R.

¿Cuáles son los tipos del glaucoma?

R.

¿Cuáles son los tratamientos del glaucoma?

R.

¿Cuáles son los exámenes que realiza para detectar el glaucoma?

R.

¿Que causa el glaucoma?

R.

¿Quiénes son las personas vulnerables al glaucoma?

R.

¿Cuáles son los beneficios de estos tratamientos y cuanto éxito suele tener?

R.

## **ANEXO C CONOCIMIENTO OBTENIDO DE REUNIONES CON EL EXPERTO**

### **Reunión 1**

**Fecha:** 10/10/2018

**Experta:** Dra. Martha Arévalo Escobar

**Lugar:** Consultorio (Av. San Martin # 173)

**Técnica empleada para obtener conocimiento:** Cuestionario

**Objetivo:** Obtener conceptos básicos sobre la enfermedad y los síntomas

¿Qué es el glaucoma?

El glaucoma es una enfermedad ocular que disminuye gradualmente la vista. Por lo general, no presenta ningún síntoma en sus etapas iniciales. Sin el tratamiento adecuado, el glaucoma puede provocar ceguera

¿Cuáles son los procesos que realiza para la detección de la enfermedad?

- Tonometría
- Oftalmoscopia
- Perimetría
- Gonioscopia
- Paquimetria

¿Que causa el glaucoma?

- La presión intra ocular

¿Cuáles son los síntomas del glaucoma?

- Visión borrosa
- La aparición de círculos del color
- del arcoíris alrededor de las luces brillantes
- Dolor de ojos y de cabeza
- Náuseas o vómitos
- Pérdida repentina de la vista

¿Cuáles son los tipos del glaucoma?

- Glaucoma de Angulo abierto
- Glaucoma de Angulo cerrado
- Glaucoma de crónico
- Glaucoma secundario
- Glaucoma pigmentario
- Glaucoma GTN
- Glaucoma exfolia TiVo
- Glaucoma congénito

¿Cuáles son los tratamientos del glaucoma?

- Tratamiento medico
- Tratamiento cirugía láser
- Tratamiento cirugía

¿Que causa el glaucoma?

- Ceguera en los ojos
- Pérdida total de la visión

¿Quiénes son las personas vulnerables al glaucoma?

- Personas mayores a 60 años
- Personas ascendencia africana
- Familiares con glaucoma
- Personas con miopías
- Personas que usan esteroides
- Personas con cornea delgada
- Personas que sufren lesión ocular

¿Cuáles son los beneficios de estos tratamientos y cuanto éxito suele tener?

No existe cura simplemente se puede parar la enfermedad