

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL / DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL

---

**Tema: “RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE IMÁGENES MÉDICAS PARA  
ESTABLECER DIAGNÓSTICOS PREVIOS EN TRASTORNOS  
PULMONARES”**

---

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de  
Magister en Automatización y Sistemas de Control

**Autora:** Ing. Elaine Valeria Cabezas Gómez

**Director:** Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg.

Ambato – Ecuador

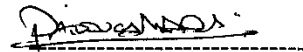
2019

**A la Unidad Académica de Titulación** de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial

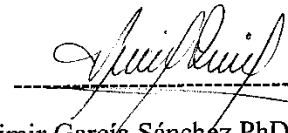
El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg., e integrado por los señores Ingeniero Patricio Germán Encalada Ruiz Mg., Ingeniero Marcelo Vladimir García Sánchez PhD. e Ingeniero Carlos Diego Gordón Gallegos PhD. designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: **“RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE IMÁGENES MÉDICAS PARA ESTABLECER DIAGNÓSTICOS PREVIOS EN TRASTORNOS PULMONARES”**, elaborado y presentado por la Ingeniera Elaine Valeria Cabezas Gómez, para optar por el Grado Académico de Magister en Automatización y Sistemas de Control; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.  
**Presidente del Tribunal**



Ing. Patricio Germán Encalada Ruiz Mg.  
**Miembro del Tribunal**



Ing. Marcelo Vladimir García Sánchez PhD  
**Miembro del Tribunal**



Ing. Carlos Diego Gordón Gallegos PhD  
**Miembro del Tribunal**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “**RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE IMÁGENES MÉDICAS PARA ESTABLECER DIAGNÓSTICOS PREVIOS EN TRASTORNOS PULMONARES**”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera Elaine Valeria Cabezas Gómez, Autora bajo la Dirección de Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg., Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



-----  
*Ing. Elaine Valeria Cabezas Gómez*

*c.c. 0502970643*

**AUTORA**



-----  
*Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg.*

*c.c. 1303128514*

**DIRECTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



-----  
*Ing. Elaine Valeria Cabezas Gómez*

C.C.0502970643

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>Contenido</b>	
<b>Portada</b> .....	<b>I</b>
<b>A la Unidad Académica de Titulación</b> .....	<b>II</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>xii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1 Tema De Investigación.....	3
1.2 Planteamiento del problema. ....	3
1.2.1 Contextualización.....	3
1.2.3 Análisis Crítico.....	6
1.2.4 Prognosis .....	7
1.2.5 Formulación del problema .....	7
1.2.6 Interrogantes de la investigación .....	8
1.2.7 Delimitación Del Objeto De Investigación .....	8
1.3 Justificación.....	8
1.4 Objetivos .....	9
1.4.1 Objetivo General .....	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9

<b>CAPÍTULO II</b> .....	10
MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Antecedentes Investigativos.....	10
2.2 Fundamentación Teórica .....	12
2.3 Fundamentación Filosófica .....	28
2.3 Fundamentación Legal .....	28
2.4. Red de categorías fundamentales .....	31
2.5 Hipótesis.....	35
2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis .....	35
2.6.1 Variable independiente .....	35
2.6.2 Variable dependiente .....	35
<b>CAPÍTULO III</b> .....	36
METODOLOGÍA .....	36
3.1. Enfoque .....	36
3.2 Modalidad de la investigación.....	36
3.2.1 Aplicada: .....	36
3.2.2 Bibliográfica:.....	36
3.2.3. De Campo:.....	37
3.3. Nivel o tipo de investigación.....	37
3.4 Población y muestra .....	37
3.5. Operacionalización de variables.....	39
3.5.1. Variable Independiente: .....	39
3.4.2. Variable Dependiente .....	40
3.6. Recolección de información.....	41
3.7. Procesamiento y análisis de la información .....	41

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	42
MARCO ADMINISTRATIVO.....	42
4.1 Recursos .....	42
4.1.1 Institucionales .....	42
4.1.2 Humanos .....	42
4.1.3 Materiales.....	42
4.1.4 Económicos (Presupuesto).....	42
<b>CAPÍTULO V</b> .....	44
PROPUESTA .....	44
5.1. Objetivos .....	44
5.1.1. Objetivo General .....	44
5.1.2. Objetivos específicos.....	44
5.2. Análisis de Factibilidad .....	44
5.2.1. Factibilidad Técnica .....	44
5.2.2. Factibilidad Económica .....	45
5.2.3. Factibilidad Bibliográfica.....	45
5.3. Requerimientos del Sistema .....	45
5.4. Análisis del Software Requerido.....	46
5.5. Arquitectura del Sistema .....	48
5.6. Diseño del Sistema .....	50
5.7. Pruebas de Funcionamiento del Sistema .....	58
5.8. Análisis Estadístico del Sistema.....	66
5.9. Comprobación estadística de hipótesis mediante chi cuadrada ( $\chi^2$ ) .....	72
5.10. CONCLUSIONES .....	76
5.11. RECOMENDACIONES .....	77

5.12. REFERENCIAS .....	77
<b>5.13 ANEXOS</b> .....	<b>82</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Árbol de Problema .....	6
Figura 2 Caja torácica .....	13
Figura 3 Partes más importantes de los pulmones .....	15
Figura 3 Tipos de Cáncer de Pulmón .....	18
Figura 4 Rayos X de Pulmones con bajo kilovoltaje (65 a 75 kVp) .....	19
Figura 5 Rayos X de Pulmones con Alto kilovoltaje (125 a 133 kVp) .....	19
Figura 6 Rx Digital vs. Rx Convencional de Tórax .....	20
Figura 7 Densidades Radiológicas .....	21
Figura 8 Izquierda: Imagen Original. Derecha: Imagen con Filtro Gaussiano .....	23
Figura 9 Izquierda: Imagen Original. Derecha: Imagen con filtro Umbral Binario .....	24
Figura 11 Izquierda: Imagen Original. Derecha: Imagen Segmentada con Otsu .....	24
Figura 12 Izquierda: Imagen Original. Derecha: Imagen con Kmeans .....	26
Figura 13 Red Neuronal Artificial .....	27
Figura 14 Red Neuronal Convolutiva .....	28
Figura 15 Categorías Fundamentales del Problema .....	31
Figura 16 Constelación de ideas – variable independiente .....	33
Figura 17 Constelación de ideas - variable dependiente .....	34
Figura 18 Esquema de las etapas para el proyecto. ....	46
Figura 19 Resultado de filtrado laplaciano del gaussiano en pulmones ....	53
Figura 20 Aplicación de algoritmo k means .....	54
Figura 21 Aplicación de blobs en la imagen con algoritmo k means .....	55
Figura 22 Imagen final con resultados empleada para diagnóstico .....	56
Figura 23 Formulario para ingreso de Datos del Paciente .....	57
Figura 24 Formulario para Diagnóstico Previo .....	58
Figura 25 Rayos X de Tórax Sr. Guangasí Jonathan .....	59
Figura 26 Registro para ingreso de Datos del paciente .....	59

Figura 27 Registro para Diagnóstico de Guangasí Jonathan .....	60
Figura 28 Reporte de Diagnóstico Previo de Guangasí Jonathan .....	61
Figura 29 Datos del paciente .....	62
Figura 30 Diagnóstico de Darío Guamán .....	63
Figura 31 Diagnóstico de Darío Guamán aplicando segmentación .....	64
Figura 32 Diagnóstico Previo de Darío Guamán .....	65
Figura 33 Variación en Número de Quistes Sistema vs. Experto .....	69
Figura 34 Variación en Número de Nódulos Sistema vs. Experto .....	70
Figura 35 Variación en Número de Calcificaciones Sistema vs. Experto ....	71
Figura 36 Valores críticos de chi cuadrado .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de las enfermedades respiratorias más comunes .....	<b>16</b>
Tabla 2. Consideración para población inclusiva .....	<b>38</b>
Tabla 3. Consideración para población exclusiva .....	<b>38</b>
Tabla 4: Operacionalización de la variable Independiente .....	<b>39</b>
Tabla 5: Operacionalización de la variable Dependiente .....	<b>40</b>
Tabla 6: Presupuesto proyectado para el proyecto. ....	<b>43</b>
Tabla 7 Diferencias entre Python, Qt Creator y Matlab .....	<b>46</b>
Tabla 8 Ficha para reporte final .....	<b>49</b>
Tabla 9 Verificación de Quistes, Nódulos y Calcificaciones del Sistema vs. Experto .....	<b>66</b>
Tabla 10 Tabla de Contingencia del Sistema .....	<b>73</b>
Tabla 11 Frecuencias Esperadas del Sistema .....	<b>74</b>

## AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón:

A Dios por acompañarme en cada instante de mi vida y por llevarme en sus brazos siempre que no he tenido fuerzas para continuar por mi cuenta.

A mi mamá Sofía, a mi padrastro Miguel y a mis maravillosas hermanas Anita, Salomé y Charito, por tener las palabras correctas en cada momento y por confiar siempre en mi capacidad.

A Juan Carlos por permitirme soñar, por confiar en mi y por intentar ayudarme en lo que ha podido con todo su amor.

A mis abuelitos y mis tíos, porque soñaron con verme un día como más que una profesional, de ustedes aprendí que hay que luchar para cumplir con los sueños.

A la Universidad Técnica de Ambato por todas las experiencias que me entregó, en especial a mis maestros quienes con dedicación supieron impartirme los conocimientos que segura estoy me servirán para complementar mi formación profesional y que serán empleados en mi vida laboral.

Al Mg. Patricio Córdova quien estuvo junto a sus maestrantes durante el desarrollo de toda la maestría facilitando y apoyando en cada uno de los procesos y eventos que debíamos aprobar.

Un sincero y especial agradecimiento y consideración al Mg. Eddie Galarza quien con sus amplios conocimientos y paciencia supo dirigirme en el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Finalmente, a mis amigos (Vero, José, Juanito, Moni y Edi) por su constante apoyo para cumplir esta meta y por no permitirme decaer cuando las decisiones tomadas no eran las más acertadas.

A todos ellos y a los que no he nombrado, pero han colaborado de una u otra forma en el desarrollo de este proyecto mis respetos y agradecimientos.

Elaine Valeria

## **DEDICATORIA**

Este trabajo fruto de mi esfuerzo, conocimiento y perseverancia lo dedico con todo mi amor:

A ese ser que me ha enseñado el significado de las palabras amor infinito, porque solo cuando miré su carita, toqué sus pequeñas manitos y sentí su olorcito descubrí un amor que me completó, ese amor tiene nombre y es Matías mi amado hijo, quien es la personita por la cual he tenido que acelerar la ejecución de esta tesis.

Elaine Valeria

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL / DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL**

**TEMA:**

**“RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE IMÁGENES MÉDICAS PARA  
ESTABLECER DIAGNÓSTICOS PREVIOS EN TRASTORNOS  
PULMONARES”**

**AUTOR:** *Ing. Elaine Valeria Cabezas Gómez*

**DIRECTOR:** *Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg.*

**FECHA:** *15 de diciembre de 2018*

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto de titulación desarrolla un sistema que permite efectuar diagnóstico previo en problemas pulmonares. El método empleado se basa en la adquisición de imágenes de rayos x de tórax con alto kilovoltaje, las mismas que deben almacenarse en un computador de preferencia en formato JPG, las cuales al ser ingresadas al sistema desarrollado son preprocesadas estandarizándolas para su manejo, procesadas y segmentadas mediante técnicas de visión artificial y programación que permitan abstraer la información de relevancia que en este caso son los nódulos, quistes y calcificaciones presentes con sus respectivos diámetros para poder contabilizarlos y emitir un resultado que puede servir para el médico y para el paciente en forma previa el que se detallan también antecedentes médicos que en el caso de enfermedades de tipo pulmonar son muy importantes de considerar para el diagnóstico y posterior tratamiento, recalcando que no debe reemplazar de ninguna forma el criterio del médico experto en el tema.

Para la construcción del sistema se ha empleado software libre con librerías especializadas en visión artificial y manejo de imágenes, tanto por el costo como por la facilidad de manipulación, documentación y escalabilidad en un futuro lo que permitirá seguir trabajando y mejorando el tema, además de tener una codificación sencilla para un programador que facilite realizar modificaciones.

El sistema una vez desarrollado se ha sometido a suficientes pruebas que permitan determinar en una placa de rx de tórax en un paciente la cantidad de nódulos, quistes y calcificaciones presentes emitiendo resultados en un reporte las mismas que se han contrastado con el criterio médico especializado para poder corregir errores principalmente en la parte médica y determinar su grado de confianza, con lo cual se ha demostrado la validez del sistema además de la funcionalidad y asertividad en la visualización de los resultados que se obtienen.

**Descriptor:** Nódulos pulmonares, Quistes pulmonares, Calcificaciones pulmonares, Rx de tórax, Alto Kilovoltaje, Visión artificial, Procesamiento de Imágenes, Segmentación de Imágenes, Software Libre, Diagnóstico previo.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL / DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL**

**THEME:**

**“RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE IMÁGENES MÉDICAS PARA  
ESTABLECER DIAGNÓSTICOS PREVIOS EN TRASTORNOS  
PULMONARES”**

**AUTHOR:** *Ing. Elaine Valeria Cabezas Gómez*

**DIRECTED BY:** *Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg.*

**DATE:** *december 15, 2018*

**EXECUTIVE SUMMARY**

The present research project develops a system that allows a previous diagnosis in pulmonary problems. The method used is based on the acquisition of chest x-ray images with high kilovoltage, which must be stored in a computer preferably in JPG format, which when entered into the developed system are preprocessed, standardized for handling, processed and Segmented by artificial vision and programming techniques that allow abstraction of relevant information that in this case are the nodules, cysts and calcifications present with their respective diameters in order to count them and issue a result that can be useful for the doctor and for the patient previous medical history is also detailed that in the case of pulmonary diseases are very important to consider for diagnosis and subsequent treatment, emphasizing that it should not replace in any way the criterion of the expert doctor in the subject.



For the construction of the system, free software has been used with libraries specialized in artificial vision and image management, both for the cost and for the ease of handling, documentation and scalability in the future, which will allow us to continue working and improving the subject, as well as have a simple coding for a programmer that facilitates making modifications.

Once developed, the system has undergone sufficient tests to determine the number of nodules, cysts and calcifications present on a chest x-ray plate in a patient, giving results in a report that have been contrasted with the specialized medical criteria for to be able to correct errors mainly in the medical part and determine their degree of trust, which has demonstrated the validity of the system as well as the functionality and assertiveness in the visualization of the results obtained.

**Keywords:** Pulmonary nodules, Pulmonary cysts, Pulmonary calcifications, Chest x-ray, High Kilovoltage, Artificial vision, Image processing, Image segmentation, Free Software, Pre-diagnosis.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el avance de la tecnología permite a los seres humanos automatizar procesos, con la finalidad de optimizar los tiempos de diagnóstico y la calidad de los resultados dentro del área médica

El diagnóstico de enfermedades mediante imágenes se apoya en diversos principios físicos que permiten visualizar la estructura interna, y las funciones de los diferentes órganos del cuerpo para que de esta forma los profesionales dispongan de evidencias visuales que les permitan identificar enfermedades en sus pacientes.

Con este proyecto se busca aplicar las ventajas que nos ofrece la visión artificial dentro de la medicina, para resolver algunos de los problemas que procede del diagnóstico por imagen, ya que debido a la calidad de la imagen obtenida por RX los criterios muchas veces suelen ser desacertados y a través de la aplicación de un sistema computarizado aplicado a una imagen diagnóstico se puede extraer información de utilidad para el médico tratante considerando que la mayoría de señales médicas a analizar son representaciones bidimensionales.

Los sistemas computarizados diseñados para la detección automática de anomalías en las imágenes a utilizar pueden proveer a los expertos médicos de información útil y se los han referenciado como sistemas de detección/diagnóstico asistido por computador (computer-aided detection/diagnosis systems, CAD).

Las señales y características de salida del computador pueden ser de gran utilidad para los radiólogos y médicos tratantes para el análisis de la imagen y toma de decisiones diagnósticas, dirigiendo la atención a las zonas donde se observa una mayor indicación de enfermedad.

El presente proyecto de tesis surge como justificativo a la problemática que se enfrentan las casas de salud como es el caso del aumento de las imágenes médicas disponibles que es inversamente proporcional al crecimiento de pacientes con problemas de salud relacionados con cáncer versus el número de radiólogos que deben interpretarlas, reduciendo la fiabilidad del análisis e informes del experto.

Por esta razón el desarrollo de un sistema automatizado es muy útil, como ayuda para el radiólogo o médico tratante como para proporcionar una mínima información de relevancia principalmente en los casos en los cuales la supervisión del experto humano es limitada o a su vez las imágenes a analizar no disponen totalmente de la calidad esperada para el proceso.

El presente trabajo de investigación se estructura en cinco capítulos en los que se detalla lo siguiente:

En el Capítulo I se describe el problema de la investigación planteando una situación real relacionada con el elevado índice de mortalidad debida a trastornos pulmonares y los tiempos de diagnóstico, justificando el trabajo realizado proponiendo los objetivos pertinentes a cumplir.

En el Capítulo II se describen los antecedentes investigativos relacionados a visión artificial y sus aplicaciones dentro del área médica, al igual que la fundamentación teórica y legal que respalde el desarrollo de la presente investigación y el planteamiento de la hipótesis que se pretende demostrar en el problema descrito en el Capítulo I.

En el Capítulo III se establece la metodología a utilizarse en la consecución del proyecto, al igual que los parámetros a seguir para recoger y procesar la información recopilada.

En el Capítulo IV se delimitan los recursos a emplearse en el sistema a realizar especificando la parte institucional, humana, material y los costos que implican su funcionamiento.

En el Capítulo V se desarrolla el sistema que es la propuesta que da solución al problema detectado, detallando los requerimientos a nivel de software para su desarrollo, el diseño y realización del sistema que permita detectar trastornos pulmonares y los contabilice, sus resultados, las pruebas que avalen su funcionamiento y un análisis estadístico que permita detectar su margen de error, también este capítulo contiene las conclusiones obtenidas del proyecto realizado, recomendaciones para evitar resultados inconsistentes y bibliografía utilizada en el trabajo.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

#### **1.1 Tema De Investigación.**

**Reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares**

#### **1.2 Planteamiento del problema.**

##### **1.2.1 Contextualización.**

Según la CDC / CENTROS PARA EL CONTROL Y LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES (2007):

Una persona puede vivir por varias semanas sin alimento y varios días sin agua, pero solamente unos pocos minutos sin oxígeno, debido a que cada célula en el cuerpo necesita un suministro continuo de oxígeno para producir energía y crecer, repararse, reconstituirse y para mantener las funciones vitales. El sistema respiratorio es el vínculo para esta fuente de oxígeno, y se conforma por el diafragma y los músculos del tórax, la nariz y la boca, la faringe y la tráquea, el árbol bronquial y los pulmones

Los pulmones son los dos órganos más grandes del cuerpo humano, esponjosos y ligeros situados en la cavidad torácica, los mismos que permiten el proceso de respiración.

De acuerdo a la organización británica Cancer Research UK, en los últimos 40 años ha habido pocos cambios en los tipos de cáncer que se diagnostican con mayor frecuencia en el mundo, siendo el más común el de pulmón, sin tener una estadística certera acerca de los muertos por esta enfermedad ya que presenta variaciones de acuerdo a sexo, edad, etnia e incluso hábitos; considerándose a la enfermedad muy maligna comparada con algunos otros tipos de cáncer y la

demora para la emisión de un diagnóstico médico especializado oficial permite avances en la enfermedad, perjudicando al paciente. Considerando que el tiempo es uno de los factores más cruciales para la supervivencia del enfermo, es necesario un mecanismo que permita reducir tiempos de diagnóstico para personas con problemas en pulmones.

Gurney (2004), afirma que:

Al mencionar trastornos pulmonares se deben mencionar lesiones quísticas y cavitarias, nódulos pulmonares y calcificaciones.

**Lesiones quísticas y cavitarias:** Los quistes y cavidades son espacios que contienen aire y/o líquido en su interior y que están rodeados de una pared, la misma que si es fina ( $< 3$  mm de espesor) se denomina quiste y cuando es gruesa ( $\geq 3$ mm), se considera como cavidad. Este límite se basa en que cuando la pared tiene  $\leq 3$  mm, el 90% de las lesiones son benignas. Dentro de las cavidades: Si predomina la parte sólida hablamos de masa o nódulo cavitado, y si predomina la cavidad, de cavidades de paredes gruesas. Si la parte sólida se desplaza con los cambios de posición, como por ejemplo los coágulos, la lesión suele ser benigna; sin embargo, en la neoplasia suele ser fija e irregular. En ocasiones no es posible distinguir el límite externo, como ocurre en las neumonías cavitadas; usamos entonces la denominación cavidad en el seno de una opacidad.

**Nódulos pulmonares:** un nódulo es una lesión pulmonar redondeada u oval de  $< 3$  cm de diámetro. Cuando están en contacto con la pleura, al menos  $2/3$  de su circunferencia debe estar rodeado de aire para poderlos definir como nódulos, y una masa pulmonar: cuándo es mayor de 3 cm de diámetro. El 80% de las masas pulmonares son debidas a un carcinoma broncogénico. Los nódulos pueden estar cavitados y/o calcificados.

**Calcificaciones:** pueden aparecer en cualquier lugar del tórax. Aunque pueden no significar nada, siempre se debe examinar concienzudamente la presencia de calcio

para intentar poder darles su exacta significación. La mayoría de las calcificaciones torácicas, tanto ganglionares como parenquimatosas, son secuelas de procesos infecciosos granulomatosos, destacando las infecciones fúngicas y la tuberculosis.

En la actualidad, el cáncer es uno de los problemas de salud más extendidos en la humanidad, ya que afecta a cualquier parte del cuerpo en forma de tumores, nódulos o quistes, y en la mayoría de casos no presenta sintomatología, a menos que la enfermedad se encuentre sumamente avanzada o exista presencia de metástasis. Según la Cancer Research UK, Globocan (BBC, 2016), en el mundo uno de los tipos de cáncer más común es el de pulmón, llegando casi a 2 millones de casos en el año 2012, y se proyecta con un elevado factor de crecimiento para los próximos años, cobrando más víctimas mortales ya que los síntomas que presentan son muy diversos y aparecen en forma muy tardía, lo que puede confundir a los enfermos y evitar que los enfermos conozcan el padecimiento que les aqueja.

De acuerdo a SOLCA ECUADOR Núcleo de Quito (2015):

En el Ecuador no hay una cifra actualizada sobre fumadores o número de fallecidos por cáncer al pulmón, pero se conoce que en el año 2012 se produjeron 753 defunciones por Cáncer de Pulmón, 432 casos en hombres y 321 en mujeres.

Según SOLCA Núcleo Tungurahua (2012)

Esta patología aparentemente va en aumento en el país, pero existe un escaso índice en esta zona, ya que en este hospital únicamente seis casos han sido atendidos, de los cuales cuatro pertenecen a mujeres no fumadoras aduciendo que se debe a la contaminación ambiental y también porque hay personas que se enferman solamente con aspirar el humo del tabaco.

### 1.2.3 Análisis Crítico



**Figura 10.** Diagrama de Árbol de Problema

Elaborado por: Ing. Valeria Cabezas G.

El problema que se identifica es la carencia de un sistema para diagnóstico previo en trastornos pulmonares, a pesar de que existen numerosos sistemas que tras realizar placas permiten manipular en 2D y en 3D diferentes tipos de exámenes médicos.

Entre las causas y las consecuencias al problema identificado están las siguientes:

Una de las causas es la falta de sistemas médicos para diagnóstico previo cuya consecuencia es el incremento de avance en la enfermedad hasta efectuar diagnóstico formal.

Otra de las causas son los tiempos elevados para un diagnóstico formal cuya consecuencia es la reducción de la esperanza de vida del enfermo.

Finalmente se tiene también como causa la sintomatología imprecisa cuya consecuencia es el avance en la enfermedad y complicaciones en la misma.

#### **1.2.4 Prognosis**

Los pulmones son órganos muy importantes en el cuerpo humano por la función que realizan, en tal virtud resulta muy preocupante el índice de personas a nivel mundial que presentan problemas en los mismos y más aún las proyecciones para el futuro.

Otro de los problemas, además, de su índice de incremento, es lo difícil de efectuar diagnósticos de enfermedades en pulmones, ya que es imprescindible conocer la historia clínica del paciente, para proceder con la exploración física, buscando signos y síntomas que puedan corresponder a la enfermedad y finalmente con esta información, el médico valora la necesidad de completar el estudio con una serie de pruebas tales como: análisis de sangre y orina, radiografía de tórax la misma que es una prueba imprescindible para verificar la aparición de nódulos o manchas en el pulmón, citología de esputo, broncoscopia o fibrobroncoscopia, punción con aguja fina en nódulos la misma que puede llegar a tardar de cuatro a seis semanas dependiendo del caso e incluso a veces mayor tiempo, permitiendo en ese tiempo el avance de la enfermedad y obviamente reduciendo las posibilidades de vida del paciente.

En tal virtud, el desarrollo del sistema propuesto conjuntamente con el criterio del médico especialista podría reducir los tiempos de diagnóstico por lo menos a la mitad o incluso a menos, lo que significa que se reduce tanto el avance de la enfermedad así como se incrementa la esperanza de vida del paciente, recordando que una persona enferma principalmente con algún tipo de cáncer tiene como máximo enemigo el tiempo y el costo del tratamiento y considerando que se efectuará el sistema con software libre, se reduce en parte el costo.

#### **1.2.5 Formulación del problema**

¿Cómo incide el reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer un diagnóstico previo en trastornos pulmonares?



### **1.2.6 Interrogantes de la investigación**

¿De qué forma se podría detectar a tiempo problemas médicos en los pulmones?

¿Cuál es la forma más acertada para identificar las características útiles en las imágenes ingresadas para efectuar el diagnóstico?

¿Cómo se podría evaluar la solución brindada al problema presentado?

### **1.2.7 Delimitación Del Objeto De Investigación**

**Campo:** Tratamiento de Imágenes

**Área:** Aplicación de reconocimiento de imágenes en trastornos pulmonares.

**Aspecto:** Enfermedades pulmonares con quistes, nódulos y calcificaciones.

**Delimitación espacial:** Laboratorios Particulares y Centros de Imagenología.

### **1.3 Justificación**

El cáncer a nivel pulmonar es uno de los más frecuentes en el mundo y al plantear el proyecto se pretende generar una contribución a la medicina en general efectuando un diagnóstico previo en base a una programación a bajo costo que beneficie tanto a médicos como a pacientes, ya que un diagnóstico oportuno permite que se proceda de una manera adecuada y se remita a los enfermos a las unidades correctas de acuerdo a los signos de enfermedad presentada.

Como resultado médico del proyecto, se diagnosticarán previamente problemas en los pulmones contabilizando los tumores o nódulos existentes y dando una descripción corta de los mismos sin reemplazar el criterio de un especialista reduciendo tiempo valioso para el paciente, y en cuanto al apartado de investigación, se fortalecerá e innovará en un tema que permitirá mejorar la calidad de vida de la población reduciendo la tasa de mortalidad debida a este inconveniente.

También es importante señalar que el proyecto es factible de realizar ya que su desarrollo está en base software libre que permitirá efectuar el tratamiento y procesamiento de las imágenes (rayos X) a diagnosticar. Como dificultad en la

investigación se podría presentar una deficiente descripción de los tumores, nódulos o calcificaciones presentados en los pulmones por lo tanto se debe efectuar el diagnóstico únicamente en base a la programación generada.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de sistema de reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Realizar los algoritmos para identificar las características a detectar y estudiar en las imágenes ingresadas.
- Desarrollar un algoritmo que permita detectar tumores o nódulos en pulmones y efectúe el conteo correspondiente de los mismos.
- Evaluar el problema presentado a través de un diagnóstico previo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes Investigativos.**

Para el desarrollo del sistema es necesario indagar en conocimientos e información relacionados tanto con la parte médica específica en enfermedades pulmonares como con el desarrollo programático relacionado a software y el procesamiento correspondiente para acceder a los datos relevantes que aporten a la investigación.

Mauricio Marengoni y Denise Stringhini, con su paper titulado “High Level Computer Vision using OpenCV” presentado en 24th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns, and Images Tutorials en 2011, analizan el procesamiento de imágenes y visión por computador, permitiendo generar un acercamiento con otros aspectos tales como análisis de componentes y técnicas utilizando la biblioteca OpenCV y programadores de C / C ++. El artículo, además, contiene valiosas líneas de código necesarias para poder adentrarse a la visión artificial con un énfasis en la calidad de las imágenes, haciendo un buen uso de filtrado de imágenes constituyéndose en una base para iniciar el trabajo que pretende realizarse.

Jason Thornton, Marios Savvides y Vijaya Kumar en su paper “A Bayesian Approach to Deformed Pattern Matching of Iris Images” presentado en la IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence en el año 2007, ofrecen métodos teóricos matemáticos y estadísticos o sintácticos de decisión para efectuar reconocimiento de patrones de imágenes de acuerdo al tipo de aplicación al que vaya destinado. Esto evita información innecesaria y permite entender las fases para procesar y reconocer una imagen apoyados en la segmentación y en la relación para medir las características y propiedades de una imagen específicamente en base a colores y bordes, los cuales son de utilidad para el desarrollo del sistema.

En Rahnamayan y Z. S. Mohamad en su paper titulado “Tissue Segmentation in Medical Images Based on Image Processing Chain Optimization” presentado en la IEEE NPSS (Toronto), UOIT, Oshawa, International Workshop on Real Time Measurement, Instrumentation & Control [RTMIC] en 2010, se puede entender la forma en la cual la precisión de la segmentación de tejidos (muestras digitales de entrenamiento) interfiere en la posterior extracción de características comparativas con otras muestras (imágenes), por lo que propone un enfoque matemático basado en Evolución Diferencial comprobado con éxito en mama y pulmón, el cual requiere como muestras únicamente tres imágenes proporcionadas por un experto, el cual podría ser considerado dentro del desarrollo algorítmico del proyecto.

Robert El-Kareh, Omar Hasan y Gordon D Schiff, en su paper “Use of health information technology to reduce diagnostic errors” presentado únicamente en línea en <http://qualitysafety.bmj.com> en el año 2015, explican como la tecnología de la información en salud posibilita la reducción de retrasos y errores en diagnósticos médicos generando un gran impacto clínico, con este aporte se puede evidenciar que con el sistema a realizar no se desea reemplazar a un médico, sino más bien omitir tiempos innecesarios para el paciente. El sistema más bien, pretende ser una ayuda al médico para facilitar una toma de decisión. También plantea un ligero análisis de diversas herramientas que se pueden considerar al momento de efectuar diagnósticos, como historias clínicas con determinada información de relevancia, que puede ser útil para generar correctamente las bases de datos para almacenamiento de diagnósticos.

Carla Moctezuma y Mario Patiño en su artículo “Cáncer de Pulmón” presentado como un artículo de revisión en la revista Anales de Radiología México en el año 2009, exponen en su artículo argumentos sobre el panorama actual del cáncer pulmonar, permitiendo entender cómo esta enfermedad es una de las principales causas de muerte en el mundo, debido a su frecuencia, evolución y pronóstico, razón por la cual la detección oportuna de esta entidad ha tomado tanta importancia y es

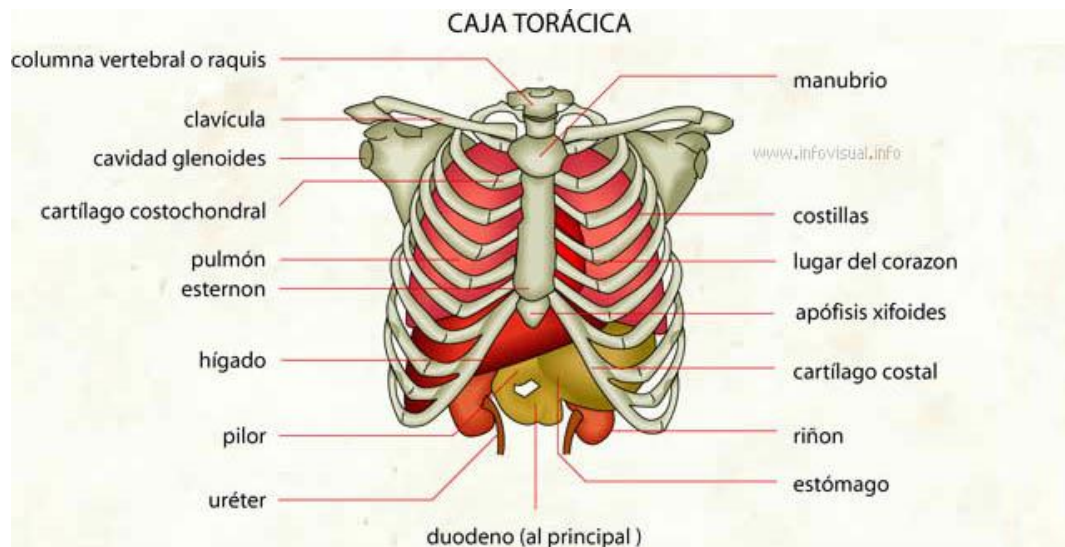
aquí donde la imagenología juega un papel crucial en las diferentes etapas tanto de diagnóstico, estadificación y para la evaluación de la respuesta al tratamiento.

De los artículos revisados como respaldo para la elaboración del proyecto se puede avizorar un panorama favorable para el desarrollo del mismo, ya que se observa que técnicas de visión artificial principalmente segmentación de tejidos son incluidos en temas relacionados con medicina con la finalidad de reducir errores en tiempos de diagnósticos en enfermedades de diagnóstico imagenológico tales como el cáncer pulmonar, permitiendo la consecución del tema de investigación tomando en cuenta que en la actualidad los equipos radiológicos tienen la posibilidad de efectuar múltiples acciones principalmente en imágenes tomográficas por la facilidad del uso de diagnóstico en 3 dimensiones pero se limitan en imágenes en 2 dimensiones tales como las de rayos X.

## **2.2 Fundamentación Teórica**

### **La Caja Torácica**

El tórax o caja torácica tiene forma de un tronco de cono, cuya función principal es proteger a importantes órganos internos como el Corazón, los Pulmones y los grandes vasos sanguíneos, para que puedan realizar sus funciones vitales. Esta parte del cuerpo sirve como soporte para la cintura escapular del hombro y las extremidades superiores y proporciona los puntos de anclaje de algunos músculos del cuello, espalda, tórax y hombros, tal como se puede apreciar en la Figura 2. También los espacios intercostales es decir aquellos que se hallan entre las costillas se completan con los músculos intercostales que le permiten moverse al tórax durante la respiración.



**Figura 11 Caja torácica**

Elaborado por: <https://infovisual.info/es/cuerpo-humano/caja-toracica>

La caja torácica está compuesta por 37 huesos que son: 1 Esternón, 12 Costillas del lado derecho y 12 Costillas del lado izquierdo de las cuales (7 son verdaderas, 3 son falsas y 2 son flotantes).

El Esternón tiene como función cerrar la caja torácica por delante y proporciona las superficies articulares para las costillas a través de las cuales protege al corazón y pulmones.

Las costillas son huesos planos largos y curvos que tienen como función proteger a todos los órganos que se localizan al interior de la caja torácica.

Las costillas Esternales o verdaderas son las que con sus cartílagos costales se articulan directa e individualmente con el esternón.

Las costillas Asternales o falsas son aquellas que se articulan indirectamente con el esternón.

Las costillas Flotantes son aquellas que no están unidas al esternón.

Otra parte de la caja torácica son las vértebras torácicas o dorsales que conforman la columna vertebral o espina dorsal, la misma que es la estructura básica del tronco, se apoya en la pelvis y protege la médula espinal siendo de gran importancia para el mantenimiento de la postura.

## **Los pulmones**

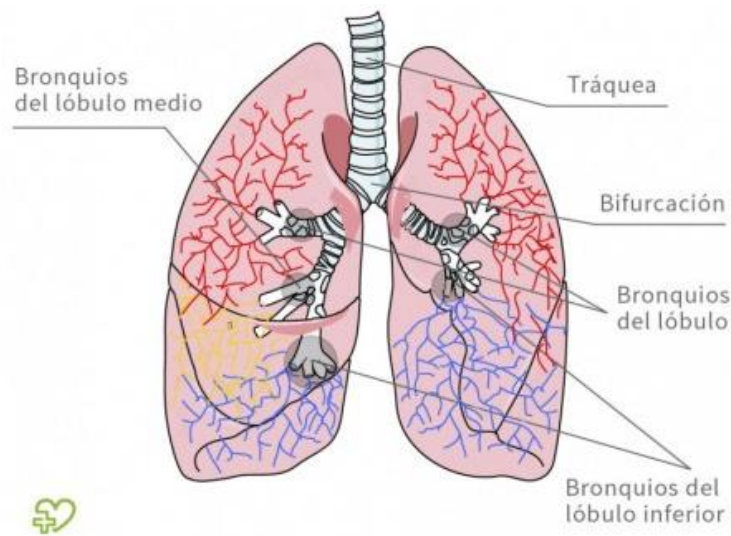
Los pulmones son dos órganos esponjosos, elásticos ubicados dentro de la cavidad torácica, apoyados sobre el músculo diafragmático y rodeados por líquido pleural, esenciales para la respiración, con un gran volumen suficiente que llenan por completo la porción pleural de la cavidad torácica y pueden reducirse a la tercera parte de su tamaño cuando esta se abre. Al comienzo de la vida son de color rosado, y al final son oscuros y moteados por la acumulación de partículas de polvo inhalado que se quedan en los fagocitos de los pulmones.

Se ubican desde el diafragma casi desde la clavícula y se protegen por las costillas hacia delante y atrás. La cara interna de los pulmones es cóncava, mayormente al lado izquierdo, lo que permite exista espacio para el corazón. El pulmón izquierdo se divide mediante cisuras en dos lóbulos uno superior y otro inferior, mientras que el pulmón derecho se divide en tres lóbulos, uno superior, uno medio y uno inferior. Internamente cada pulmón está conformado por innumerables tubos de diámetros decrecientes que forman el árbol bronquial y cuya función es distribuir el aire. Las funciones específicas de los pulmones son: distribuir aire hacia los alvéolos e intercambiar gases con el sistema circulatorio a través de los capilares sanguíneos.

Cada pulmón tiene un vértice, una base y dos caras. El vértice es el polo superior redondeado y se extiende a través de la abertura superior del tórax, por encima de la primera costilla. La base o cara diafragmática es cóncava y en forma de semiluna y se apoya en la superficie convexa del diafragma que separa al pulmón derecho del hígado y al pulmón izquierdo del hígado, estómago y bazo. La cara costal es grande, lisa y convexa y se adapta a la pared torácica y la cara interna tiene una parte vertebral que ocupa el canal a cada lado de la columna vertebral y otra mediastínica que presenta depresiones debido al corazón y los grandes vasos.

El hilio (raíz del pulmón por donde entran y salen vasos sanguíneos, nervios, vasos linfáticos, etc.) de cada pulmón se encuentra cerca del centro de la cara interna, está rodeado por pleura y es la zona por donde pasan las estructuras que entran y salen de cada pulmón tales como arterias, venas, bronquios, nervios, vasos y ganglios linfáticos (Figura 3). Las ramas de la arteria pulmonar distribuyen sangre

venosa en los pulmones para que éstos la puedan oxigenar. Las arterias bronquiales transportan sangre oxigenada para irrigar los bronquios. Las venas pulmonares recogen la sangre oxigenada desde los pulmones y la transportan a la aurícula izquierda del corazón y las venas bronquiales recogen la sangre venosa procedente de los bronquios y la llevan a la vena ácigos (la derecha) y la vena hemiacigos (la izquierda).



**Figura 12 Partes más importantes de los pulmones**

Elaborado por: [https://www.onmeda.es/anatomia/anatomia\\_pulmon.html](https://www.onmeda.es/anatomia/anatomia_pulmon.html)

### **Enfermedades en pulmones**

Las enfermedades que aquejan a los pulmones son algunos trastornos que perjudican la función principal de los mismos, las cuales pueden deberse a condiciones genéticas, a infecciones o debidas al consumo de cigarrillo, así se podrían mencionar asma, EPOC Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, infecciones comunes como la gripe, la neumonía y la tuberculosis, problemas respiratorios asociados a diversos factores o a otras enfermedades y la más mortal como es el cáncer de pulmón, tal cual como se explica en la Tabla 1.



**Tabla 1 Descripción de las enfermedades respiratorias más comunes**

<b>Enfermedad</b>	<b>Explicación</b>
<b>Asma</b>	Es una enfermedad crónica causada por una inflamación constante en las vías respiratorias. Algunos síntomas incluyen espasmos pulmonares, sibilancias y falta de respiración. Las alergias, infecciones y contaminación pueden causar ataques de asma.
<b>EPOC</b>	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica es un término que se utiliza para identificar varias enfermedades respiratorias que causan la imposibilidad de exhalar normalmente. Suelen ser causadas por tabaquismo, factores genéticos y contaminación.
<b>Bronquitis</b>	Se divide en bronquitis aguda y crónica. En ambos casos, la membrana mucosa que protege a los pulmones se inflama en el pasaje bronquial. Esto causa hinchazón que impide el paso del aire a los pulmones.
<b>Enfisema</b>	El enfisema es una acumulación de aire en tejidos u órganos del cuerpo, evoluciona lentamente conforme pasan los años y no tiene cura. El humo del cigarro daña los sacos de aire de los pulmones a un punto en que no se pueden regenerar por sí mismos.
<b>Cáncer de pulmón</b>	De todos los tumores malignos, el cáncer de pulmón es una de las principales causas de muerte, ya que tiene la posibilidad de desarrollarse en cualquier parte de los pulmones. Es difícil detectarlo debido a que los síntomas pueden tardar años en aparecer.
<b>Neumonía</b>	Esta enfermedad es causada por una infección en los sacos pulmonares. La infección puede ser causada por una bacteria, un virus u hongo. Algunos síntomas son: fiebre, tos, escalofríos y problemas para respirar.
<b>Alergias</b>	Esta condición ocurre cuando el sistema inmune confunde una sustancia común como un invasor. El sistema reacciona excesivamente y libera histamina (una sustancia que regula diferentes funciones del cuerpo), lo que causa la reacción alérgica.

**Elaborado por: <https://blog.hospitalsanangelinn.mx/enfermedades-respiratorias-mas-comunes>**

### **Cáncer de Pulmón**

El cáncer de pulmón es muy común y variado en el mundo, siendo una de las principales causas de muerte en los Estados Unidos y originándose principalmente por el consumo de cigarrillos, al igual que por los altos niveles de contaminación, radiación y asbesto.

Tiene una sintomatología variada dependiendo del avance de la enfermedad en el paciente, la misma que incluye:

- Tos persistente y con sangre que empeora gradualmente
- Dolor en el pecho y falta de aire.
- Silbidos al respirar o ronquera
- Cuadros clínicos constantes por neumonía o bronquitis
- Inflamación en el cuello y la cara
- Pérdida del apetito o pérdida de peso
- Cansancio

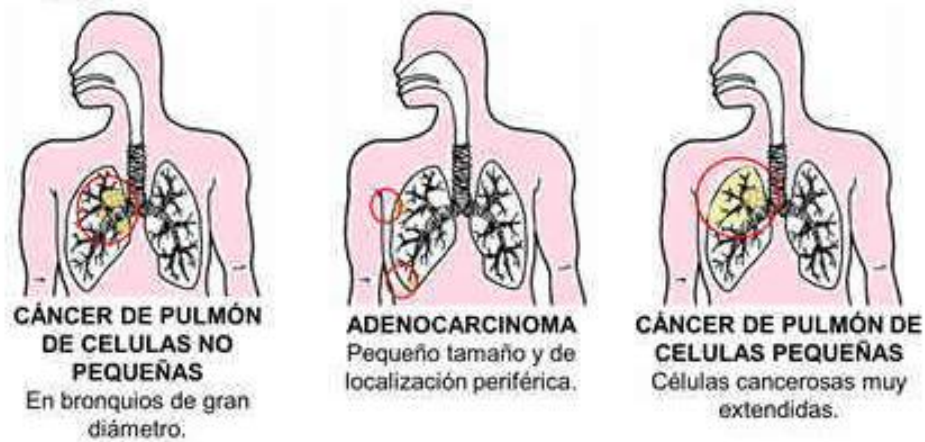
Cada tipo de cáncer de pulmón se propaga de un modo distinto y se trata dependiendo de la etapa en la que se encuentre ya sea con quimioterapia, radiación o cirugía.

La cirugía se utiliza para extirpar el tumor y se puede si el cáncer solo se ha propagado a los ganglios linfáticos cercanos.

La quimioterapia emplea medicamentos y sirve para destruir las células cancerosas, deteniendo el crecimiento de las nuevas células. La radioterapia utiliza radiación para destruir las células cancerosas. Según como se visualicen las células en el microscopio, el cáncer de pulmón puede dividirse en dos grupos, que son el de células pequeñas y el de células no pequeñas.

Tal como se visualiza en la Figura 4, el cáncer de células no pequeñas generalmente se desarrolla en los bronquios que son de mayor diámetro, y se presenta en fumadores, ex fumadores, fumadores pasivos o personas que han estado expuestas al radón, este tipo de cáncer de pulmón se nombra según el tipo de células encontradas, pudiendo ser: carcinoma escamocelular, adenocarcinomas, carcinoma de células grandes, carcinoma adenoescamoso y carcinoma no diferenciado. Mientras que el cáncer de pulmón de células pequeñas, son células cancerosas que

cubren grandes extensiones pulmonares y únicamente se da en fumadores y ex fumadores.



**Figura 4 Tipos de Cáncer de Pulmón**

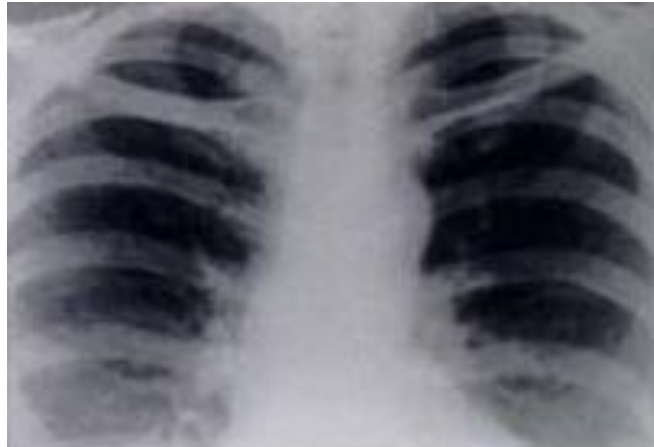
Elaborado por: <https://cancerdepulmonsite.wordpress.com/tipos-de-cancer-pulmonar/>

### **Rayos X en Tórax**

Para rayos X en tórax se deben considerar varios aspectos tales como la anatomía pulmonar y la patología a analizar, lo que irá directamente relacionado con la técnica a emplear.

En una placa de tórax, una buena parte de los pulmones se encuentra sin superposición de estructuras óseas adicionales tales como las costillas o el diafragma, razón por la cual factores de tipo técnico tales como el kilovoltaje aplicado para la obtención de las placas y la combinación de la placa con la pantalla utilizada proporcionan el grado de visibilidad de los pulmones, mejorando la visualización con la técnica de alto kilovoltaje ya que mejoran las estructuras anatómicas.

En la Figura 5, se puede observar una placa torácica con bajo kilovoltaje en donde se aprecia una estructura ósea con mayor densidad y las masas pulmonares con menor densidad.



**Figura 5 Rayos X de Pulmones con bajo kilovoltaje (65 a 75 kVp)**  
Elaborado por: <http://dis.um.es/~ginesgm/files/inv/pfc-jmcg/pfc-jmcg.pdf>

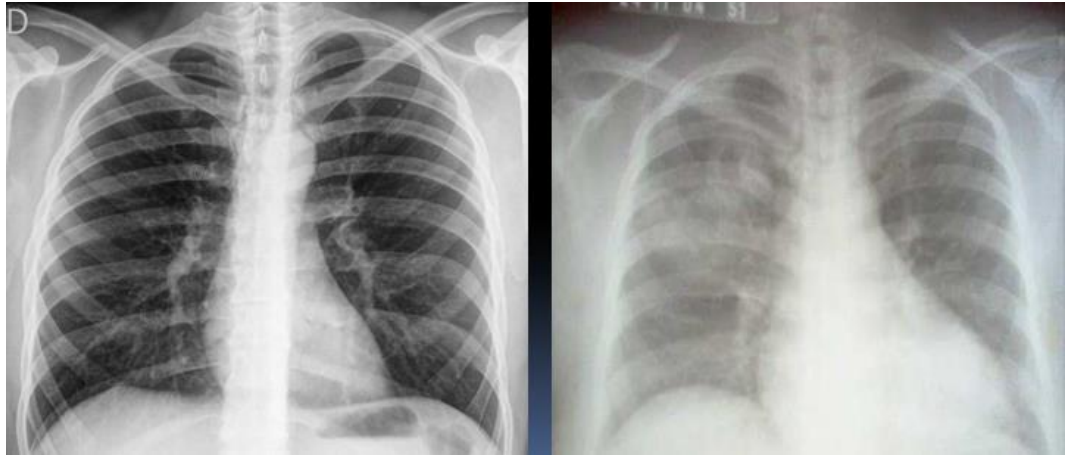
En la Figura 6, se puede observar una placa torácica con alto kilovoltaje en donde se aprecia una estructura ósea con menor densidad pero con definición para verificar la calidad de la placa y los pulmones con mayor definición.



**Figura 6 Rayos X de Pulmones con Alto kilovoltaje (125 a 133 kVp)**  
Elaborado por: <http://dis.um.es/~ginesgm/files/inv/pfc-jmcg/pfc-jmcg.pdf>

La radiología torácica estándar, utiliza como técnicas la radiología convencional y la radiología digital (Figura 7), esta a su vez contempla radiografías básicas cuando son de frente o de perfil y radiografías complementarias que pueden ser oblicuas, lordóticas o descentrada de vértices, par fisiológico con inspiración – expiración, decúbito lateral con rayo horizontal, Alto kilovoltaje y tórax en decúbito o sentado, etc. También existen técnicas complementarias que permiten garantizar

diagnósticos médicos seguros a nivel torácico así como radioscopia, Tomografía lineal, esofagograma, broncografía, angiografía.



**Figura7. Rx Digital vs. Rx Convencional de Tórax**

Elaborado por: Cátedra de Diagnóstico por Imágenes - Facultad de Medicina U.N.N.E.

La técnica mayormente usada para obtener una imagen de Rx de tórax se efectúa de la siguiente manera: Apnea inspiratoria/expiración máxima, de pie, centrada penetrada con alto kilovoltaje y la rutina es Frente-Perfil.

Los factores que permiten evaluar la calidad técnica de una radiografía torácica son:

- Penetración: en una rx torácica bien realizada se debe observar la columna a través del corazón.
- Inspiración: con una buena inspiración se puede visualizar el arco posterior de la décima costilla del lado derecho.
- Rotación: en una rx torácica bien realizada la línea de las apófisis espinosas y la extremidad interna de las clavículas son equidistantes.
- Angulación: en una rx torácica sin angulación del rayo central la extremidad interna de clavículas se proyecta sobre el arco a la altura de la 3ª o 4ª costilla.

### **Densidad Radiológica**

Dentro de la escala de grises que se utiliza en una imagen radiológica, analógica o digital, el blanco representa mayor atenuación de los rayos X es decir menor

transparencia a los rayos, y el negro menor atenuación es decir mayor transparencia a los rayos.

Un tono de gris en una placa radiográfica representa una determinada atenuación de los rayos X en su trayecto a través del cuerpo, que depende de dos factores que son los coeficientes de atenuación de los tejidos a atravesarse y de su espesor, por lo que las densidades radiográficas son relativas, no absolutas.

En una imagen radiológica que no se empleen medios de contraste se pueden apreciar estructuras anatómicas del ser humano en cinco densidades o atenuaciones radiológicas distintas. De menor a mayor densidad son: aire, grasa, agua (también tejidos blandos o fluidos corporales), calcio y metal, tal como se aprecia en la Figura 8.



**Figura 8 Densidades Radiológicas**

Elaborado por: <https://medicinaintegralcomunitariasite.wordpress.com/2016/05/31/densidades-radiologicas/>

### **Imagen Digital**

Es la representación en dos dimensiones de una imagen mediante bits que son la unidad mínima de información compuesta por dígitos binarios (0 y 1), usados tanto dentro de informática como de cualquier dispositivo digital.

Una imagen digital puede ser representada por una matriz  $f(x,y)$  de tamaño  $M \times N$ , cuyos elementos son píxeles, que pueden estar en el rango de 0 a 255, donde el 0 representa el negro y 255 el blanco.

### **Imagen médica digital**

Las imágenes médicas digitales tienen como finalidad crear imágenes de partes del cuerpo humano a partir de procesos y técnicas que permitan aprovechar sus características químicas y físicas, para poder diagnosticar, relevar o examinar enfermedades.

Para adquirir imágenes médicas se tienen como modalidades principales la TAC y la RM. La TAC o axial, es una técnica que se realiza con rayos X, con ella se obtienen cortes finos transversales de una región u órgano, a diferencia de las radiografías convencionales, que únicamente son planas. La RM es una técnica no invasiva que se realiza con campos magnéticos no con radiación ionizante a diferencia de la TAC y se utiliza para obtener información sobre la estructura y composición del cuerpo a analizar ampliamente para observar alteraciones en tejidos, detectar cáncer u otras patologías.

### **Pre-procesamiento y Procesamiento de Imágenes Médicas**

Es la etapa que permite la mejora de la calidad de la imagen, considerando que al digitalizar una imagen se produce deterioro en la calidad debido a ruido o pérdida de información por la aplicación de formatos de compresión de la misma, las imágenes médicas se afectan por factores fisiológicos del paciente o debido a técnicas inapropiadas al adquirir la imagen. Por este motivo se debe realzar la calidad de la imagen antes de analizarla; lo que se consigue reduciendo el ruido para homogeneizar la imagen facilitando la obtención de bordes y eliminando información irrelevante. Los algoritmos de pre-procesamiento a emplearse dependen del análisis a realizar en la imagen, siendo los más utilizados los

algoritmos de suavizado, reducción de ruido, detección de bordes y técnicas híbridas.

### **Filtros para la reducción de ruido**

A continuación, se describen algunos de los filtros utilizados para la reducción de ruidos en imágenes

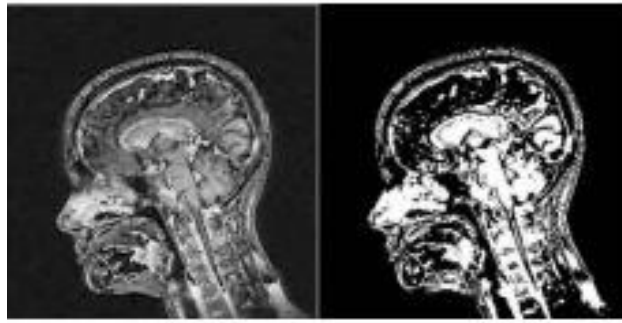
**Filtro Gaussiano:** implementa máscaras en la imagen que intentan imitar una función gaussiana, es un filtro pasa bajo que aplica una desviación estándar de la probabilidad de distribución asociada en los píxeles de la imagen. Este filtro tiene como desventaja que además de remover el ruido ocasiona pérdida de los detalles más finos, tal cual como se puede observar en la Figura 9.



**Figura 9 Izquierda: Imagen Original. Derecha: Imagen con Filtro Gaussiano**  
Elaborado por: <http://www.inf.ufrgs.br/~cwaraujo/inf01046/laboratorio1.html>

**Filtro Umbral Binario:** cambia los valores del píxel, transformando una imagen en una imagen binaria, siendo el usuario quien define los umbrales superior e inferior, y los valores de intensidad para cuando el píxel se encuentre dentro y fuera del umbral. Cada píxel en la imagen original se compara con los umbrales inferior y superior, si el valor del píxel, está dentro del rango definido, al píxel de salida se le asigna el valor de intensidad definido para el umbral, caso contrario a los píxeles se les asigna el valor de intensidad definido para los píxeles que se encuentran fuera del umbral, así como se indica en la Figura 10.





**Figura 10 Izquierda: Imagen original. Derecha: Imagen con filtro umbral binario**

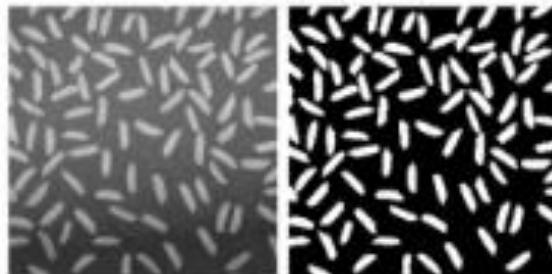
Elaborado por: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992016000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000100002)

### **Segmentación de imágenes**

Consiste en descomponer los datos de la imagen en estructuras significativas que permitan obtener características relevantes. El reconocimiento de los elementos buscados en una imagen es una tarea muy compleja, que requiere precisión la misma que se obtiene empleando medios computacionales. El nivel al que se realiza este proceso depende de la aplicación, pero mientras mejor sea la segmentación, mejores serán los resultados de la aplicación que se esté desarrollando.

### **Segmentación Otsu**

Es una técnica que tiene como finalidad la clasificación de píxeles, para reducir el error de clasificación errónea. Busca hallar un umbral que clasifica la imagen en dos grupos, de forma que la dispersión dentro de cada clase sea lo más pequeña posible, pero la dispersión sea lo más alta posible entre clases diferentes, y como se observa en la Figura 11 los dos grupos de píxeles perfectamente definidos.



**Figura 11 Izquierda: Imagen Original. Derecha: Imagen segmentada con Otsu**

Elaborado por: <http://losporquesdelanaturaleza.com/software-matematico-y-procesado-de-imagenes/>

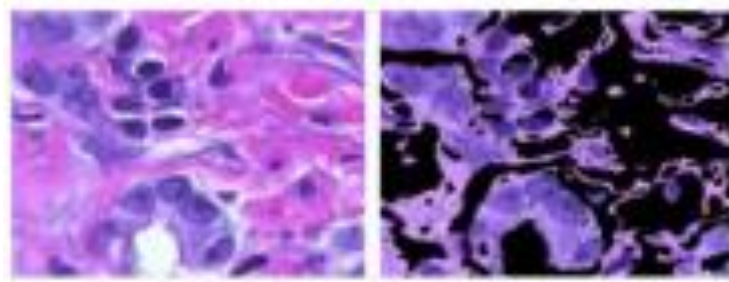
### **K means**

Es un algoritmo utilizado para clustering (agrupamiento) cuando existen un montón de datos sin etiquetar, cuyo objetivo es agrupar los datos en k número de grupos. K-Means es ampliamente utilizado para aplicaciones tales como segmentación de imagen, agrupamiento de datos de segmentación de genes, agrupamiento de especies, detección de anomalías entre otras.

El algoritmo trabaja en forma iterativa asignando a cada “punto” (las filas de nuestro conjunto de entrada forman una coordenada) uno de los “K” grupos basado en sus características. La agrupación es en base a la similitud de sus features (las columnas). Al ejecutar el algoritmo se tiene como resultado los “centroides” de cada grupo que serán las “coordenadas” de cada uno de los K conjuntos que se utilizarán para poder etiquetar nuevas muestras de datos.

Los K grupos van ajustando su posición en cada repetición del proceso, hasta que converge el algoritmo. Una vez hallados los centroides se deben analizar para ver cuáles son sus características únicas, frente a la de los otros grupos. Estos grupos son las etiquetas que genera el algoritmo.

Este algoritmo una vez ejecutado permite confirmar alguna teoría que se asumía de los datos y descubrir relaciones entre conjuntos de datos, que manualmente no se hubieran reconocido, de esta forma en la Figura 12 se establecen relaciones entre los datos de la imagen original.



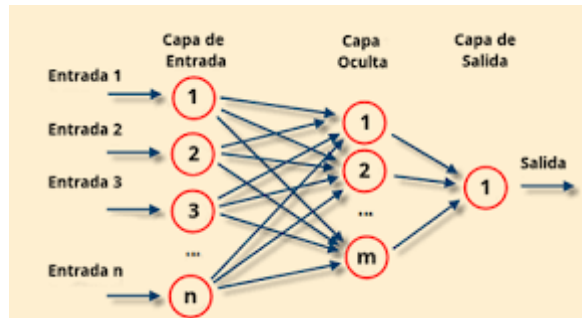
**Figura 12 Izquierda: Imagen Original. Derecha: Imagen con Kmeans**

Elaborado por: <http://losporquesdelanaturaleza.com/software-matematico-y-procesado-de-imagenes/>

### **Red Neuronal Artificial (RNA) o Sistema Conexionista**

Es un modelo matemático computacional no lineal, inspirado en la organización neuronal biológica, con un funcionamiento análogo al comportamiento observado en las neuronas de los cerebros biológicos; en tal virtud de que la información de entrada pasa por la red neuronal, en la cual pasa por diversas operaciones produciendo valores de salida. Las unidades neuronales se conectan mediante enlaces en los cuales el valor de salida de la neurona anterior se multiplica por un valor de peso que puede incrementar o inhibir la activación de las neuronas adyacentes. También se debe considerar que a la salida de la neurona puede existir una función de activación, la misma que condiciona en base a umbralización el paso del valor de ingreso a la siguiente función. La ventaja de la RNA es que comparándola con los métodos estadísticos estándar es muy flexible ya que no requiere conocimientos previos del fenómeno de estudio, ni hipótesis de su distribución, lo que facilita se genere un modelo de modo natural para cualquier relación no lineal con la variable respuesta, así también la existencia de posibles interacciones entre las variables explicativas.

Las relaciones entre las entradas y la salida se observan en la Figura 13.

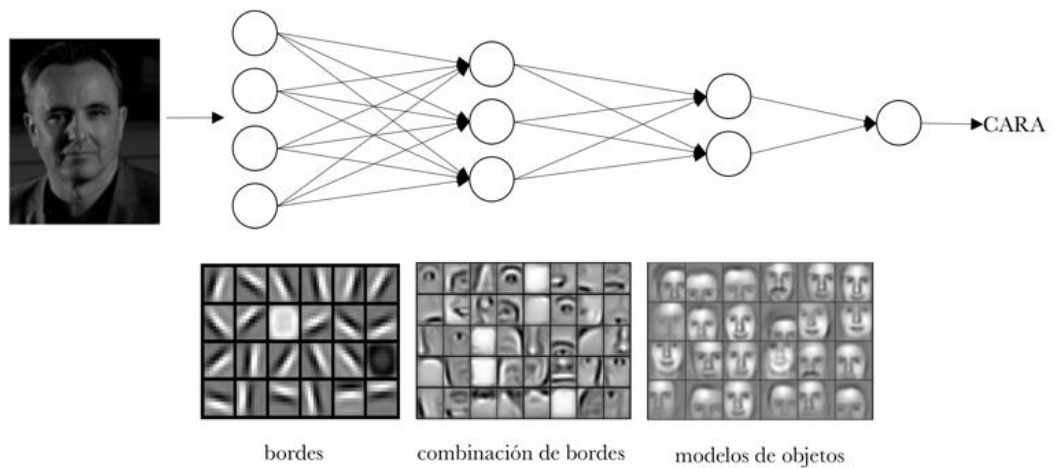


**Figura 13 Red Neuronal Artificial**

Elaborado por: <https://monitor.iiipe.edu.mx/notas/%C2%BFpor-qu%C3%A9-las-redes-neuronales-artificiales-son-el-futuro>

### **Red Neuronal Convolutiva**

Una red neuronal convolutiva es muy similar a una red neuronal ordinaria ya que tiene neuronas con pesos y sesgos que se pueden aprender. Cada neurona recibe una entrada, realiza un producto escalar sobre la misma y luego aplica una función de activación basada en límites. En este tipo de redes las entradas son imágenes. Las redes neuronales convolutivas tienen como ventaja que pueden escalar bien las imágenes de mucha definición. Este tipo de redes funcionan modelando piezas de información que combinan en las capas más profundas de la red. Así en la primera capa se intentará detectar bordes y establecer patrones para su detección; las capas posteriores tratarán de combinarlos en formas más simples y, finalmente, se hará combinación en patrones de las diferentes posiciones de los objetos, iluminación, escalas, etc. Las capas finales permiten hacer coincidir una imagen de entrada con los patrones y establecer una predicción final como una suma ponderada de todos ellos, así como se indica en la Figura 14. Razón por la cual las redes neuronales convolutivas pueden modelar complejas variaciones dando predicciones precisas.



**Figura 14 Red Neuronal Convolutacional**

Elaborado por: <https://torres.ai/redes-neuronales-convolucionales/>

### 2.3 Fundamentación Filosófica

#### Paradigma Crítico Propositivo

Este tipo de paradigma establece relaciones entre lo teórico y lo práctico y se apoya en el cuestionamiento y explicación de fenómenos sociales en una amplia perspectiva de totalidad basado en la esencia del problema que incluye juicios, valores e intereses de la humanidad, planteando soluciones y alternativas proactivas para los mismos con un procedimiento metodológico, participativo y sistemático; esta perspectiva construye y comparte criterios, claridad en metas y recursos iluminando los progresos en condiciones de valorar lo alcanzado, estimar que falta y cómo superarlo.

### 2.3 Fundamentación Legal

El desarrollo de la presente investigación tiene como respaldo legal determinados artículos extraídos de reglamentos y leyes aprobadas por la Constitución de la República del Ecuador.

En cuanto a la parte médica del proyecto se puede mencionar:

**Constitución del Ecuador.** Art. 360.- El sistema garantizará, a través de las instituciones que lo conforman, la promoción de la salud, prevención y atención integral, familiar y comunitaria, con base en la atención primaria de salud; articulará los diferentes niveles de atención; y promoverá la complementariedad con las medicinas ancestrales y alternativas. La red pública integral de salud será parte del sistema nacional de salud y estará conformada por el conjunto articulado de establecimientos estatales, de la seguridad social y con otros proveedores que pertenecen al Estado, con vínculos jurídicos, operativos y de complementariedad.

**Ley Orgánica del Sistema Nacional de Salud.** Art. 32.-La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional.

En cuanto a la generación del sistema en base a software libre se puede considerar:

**Decreto 1014 Uso de Software Libre.** Artículo 1.- Establecer como política pública para las Entidades de la Administración Pública Central la utilización de Software Libre en sus sistemas y equipamientos informáticos.

**Decreto 1014 Uso de Software Libre.** Artículo 2.- Se entiende por Software Libre, a los programas de computación que se pueden utilizar y distribuir sin

restricción alguna, que permitan su acceso a los códigos fuentes y que sus aplicaciones puedan ser mejoradas.

Estos programas de computación tienen las siguientes libertades:

- a) Utilización del programa con cualquier propósito de uso común
- b) Distribución de copias sin restricción
- c) Estudio y modificación del programa (Requisito: código fuente disponible)
- d) Publicación del programa mejorado (Requisito: código fuente disponible).

**Ley COESC (Ingenios) Código Orgánico de la Economía Social del Conocimiento.** Art. 39.- Investigación Responsable.- Comprende los procesos investigativos encaminados a obtener resultados orientados al incremento de la productividad, la diversificación productiva, la satisfacción de necesidades o al efectivo ejercicio de los derechos de las personas, las comunidades, los pueblos, las nacionalidades y de la naturaleza.

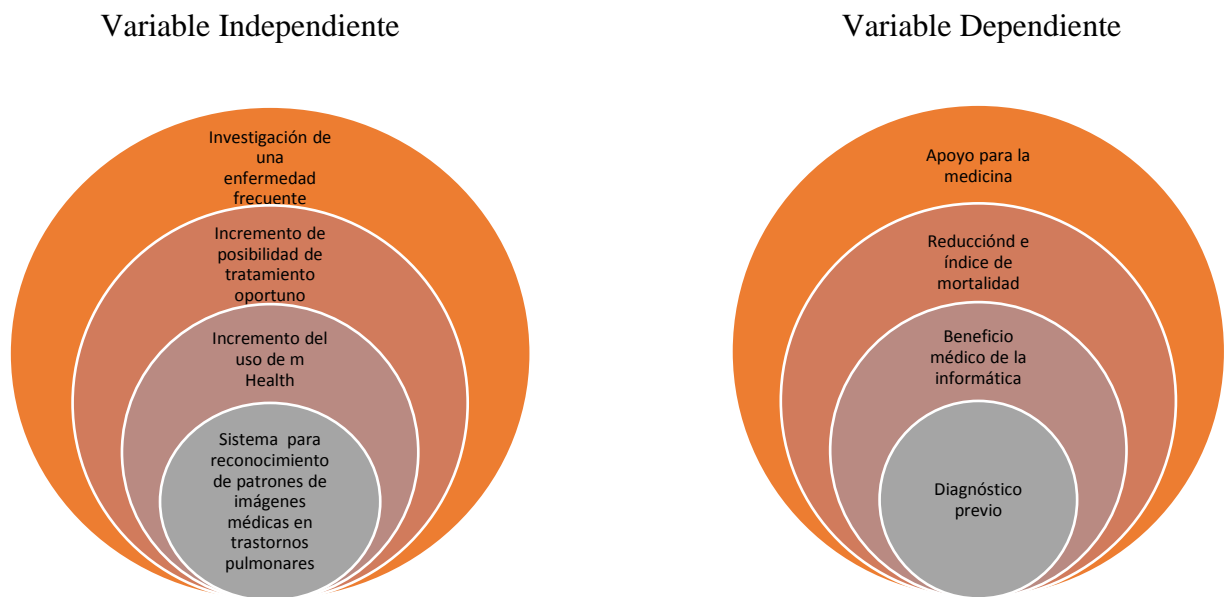
**Constitución de la República.** Art. 322. Se reconoce la propiedad intelectual de acuerdo con las condiciones que señale la ley. Se prohíbe toda forma de apropiación de conocimientos colectivos, en el ámbito de las ciencias, tecnologías y saberes ancestrales. Se prohíbe también la apropiación sobre los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agro-biodiversidad.

**Constitución de la República.** Art. 385. El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad.

Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.

2. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir

## 2.4. Red de categorías fundamentales



**Figura 15 Categorías Fundamentales del Problema**

Elaborado por: El investigador

En la Figura anterior se consideran las variables dependientes e independientes a tomar en cuenta en la realización del presente proyecto, las cuales están relacionadas de la siguiente manera:

Se considera como variable independiente la investigación de una enfermedad frecuente ya que la misma se da a nivel mundial debido a diversos factores médicos e inclusive ambientales, en este caso la variable dependiente es el apoyo a la medicina que se da al tener conocimiento de la enfermedad.

Se considera como otra variable independiente el incremento de la posibilidad de tratamiento oportuno al tener acceso a diagnósticos a tiempo, generando como variable dependiente la reducción del índice de mortalidad en personas enfermas.

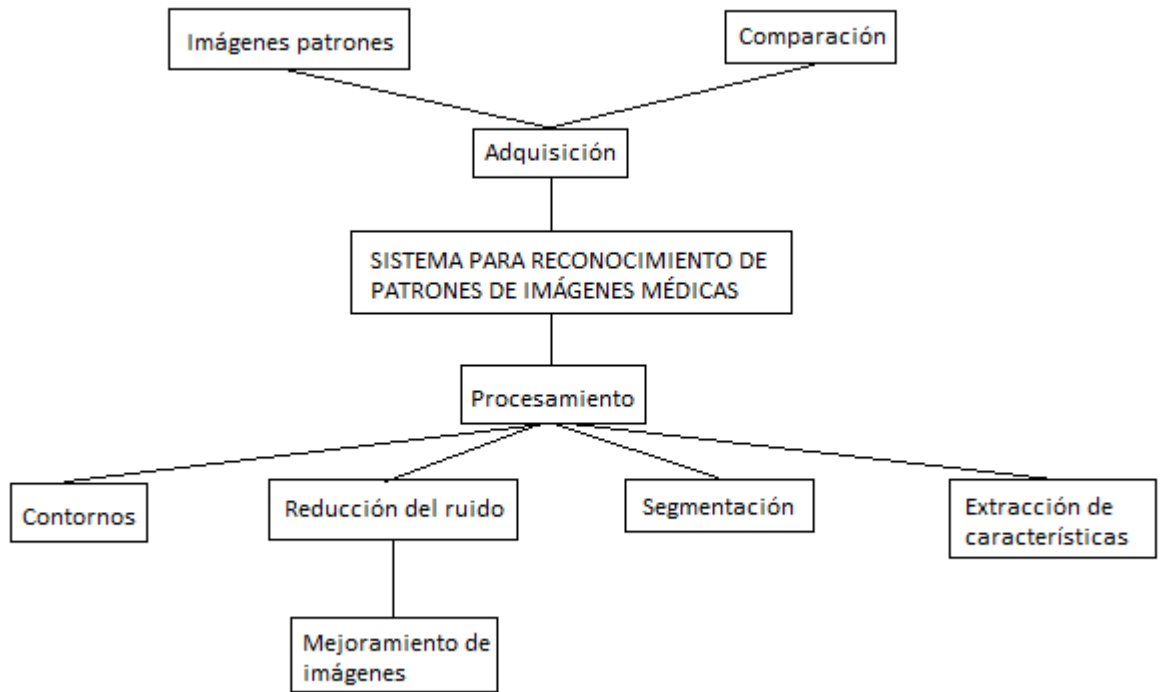
La siguiente variable independiente es el incremento del uso de m Health el mismo que es un recurso muy empleado actualmente para diagnósticos y



tratamientos mediante tecnología móvil, proporcionándonos como variable dependiente el beneficio médico de la Informática el mismo que se puede aplicar a cualquier dispositivo móvil que facilita el acceso a información relevante sobre una enfermedad.

Finalmente se tiene como variable independiente el desarrollo de un sistema para reconocimiento de patrones de imágenes médicas en trastornos pulmonares mediante un proceso de investigación, programación y experimentación, dando como variable dependiente el diagnóstico previo considerando como trastornos los nódulos, quistes y calcificaciones presentes en un pulmón y que muchas de las veces son indicios de enfermedades más peligrosas a nivel pulmonar.

## Constelación de ideas de la variable independiente

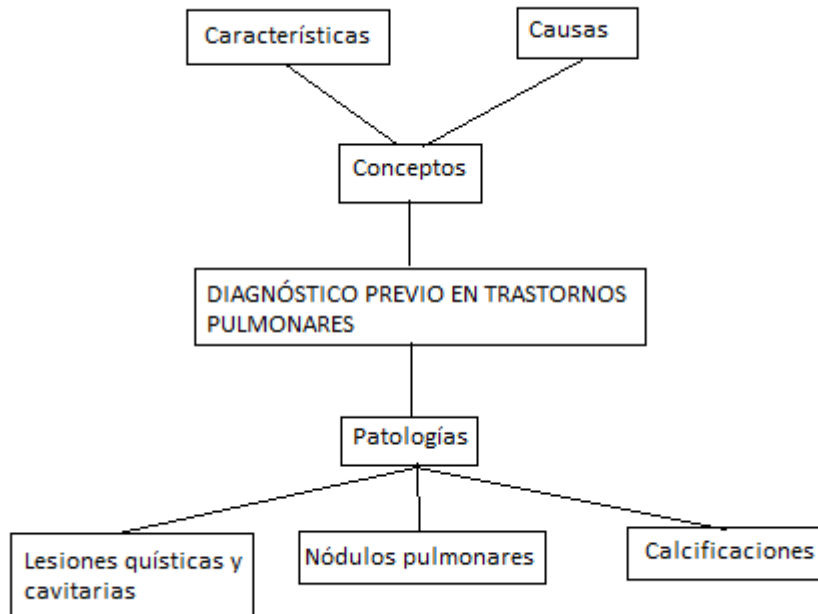


**Figura 16** Constelación de ideas – variable independiente

Elaborado por: La investigadora

En la Figura 16 se pueden observar las ideas asociadas a la variable independiente, rescatando como elementales la adquisición y el procesamiento; dentro de la adquisición se consideran las imágenes patrones con todos los casos posibles hallados para su posterior comparación mediante una pequeña red neuronal artificial, y en el procesamiento se establece el trabajo de visualización de contornos de los pulmones, la reducción del ruido para el mejoramiento de la imagen considerando la baja calidad de algunas imágenes radiológicas, la segmentación y la extracción de características que permitan reconocer y cuantificar nódulos, quistes y calcificaciones mediante códigos de programación.

## Constelación de ideas de la variable dependiente



**Figura 17** Constelación de ideas - variable dependiente  
Elaborado por: La investigadora

En la Figura 17 se visualizan como conceptos asociados a la variable dependiente los conceptos y las patologías; tomando en cuenta que dentro de los conceptos se deben considerar las características y las causas de los trastornos en pulmones para tomar en cuenta en la programación del sistema y en el reporte final, y dentro de las patologías se analizan los quistes, nódulos y calcificaciones investigando los principios radiológicos y tonalidades para la emisión de resultados en el sistema.

## **2.5 Hipótesis**

La aplicación de un sistema que permita efectuar reconocimiento de patrones de imágenes médicas en trastornos pulmonares incide en el establecimiento de diagnósticos previos.

## **2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **2.6.1 Variable independiente**

Sistema para reconocimiento de patrones de imágenes médicas.

### **2.6.2 Variable dependiente**

Diagnóstico previo en trastornos pulmonares.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Enfoque**

Para el desarrollo del sistema planteado se empleará un enfoque predominantemente cuantitativo que será contrastado con el enfoque cualitativo provisto por el médico especialista; ya que mediante la recolección y análisis de datos empíricos de diversas fuentes sobre el tema a tratar y el desarrollo del sistema propuesto se podrá dar respuesta a cada una de las preguntas de investigación y comprobar la hipótesis planteada en base a los resultados obtenidos sin afectar de ninguna forma al fenómeno de estudio.

### **3.2 Modalidad de la investigación**

#### **3.2.1 Aplicada:**

Para el estudio y desarrollo del experimento se emplearán datos clínicos e imágenes de rayos x de personas sanas y con problemas pulmonares, para ser ingresados en el sistema de reconocimiento de imágenes médicas para el procesamiento y contabilización en forma automática de nódulos, calcificaciones y quistes, posterior a ello se emitirá una descripción de todo aquello anormal encontrado en los pulmones generándose el diagnóstico previo que permite conocer en primera instancia el estado de los pulmones y el grado de peligrosidad de la situación actual.

#### **3.2.2 Bibliográfica:**

Para el desarrollo del trabajo teórico se utilizarán fuentes bibliográficas como artículos científicos, libros y tratados médicos sobre temas relacionados y que representen un aporte para la investigación, también para efectuar el trabajo práctico relacionado con el procesamiento de las imágenes se emplearán libros y manuales sobre el software y librerías a utilizar, ya que a pesar de que la visión artificial se encuentra extendida en muchas áreas se requiere un estudio minucioso

ya que es muy limitado en el tema seleccionado y se espera que los errores en el proyecto sean imperceptibles.

### **3.2.3. De Campo:**

La investigación a efectuar también será de campo ya que para el desarrollo del sistema se requiere interacción con profesionales en el área que provean las imágenes, doten del criterio médico pertinente y de parámetros significativos reales que permitan ir corrigiendo errores en los resultados del diagnóstico previo mediante la manipulación de datos que mejore la precisión del sistema.

### **3.3. Nivel o tipo de investigación**

Para el desarrollo del sistema planteado se realizará una investigación descriptiva, porque se observa y se describe el fenómeno, que en este caso son la presencia de tumores y nódulos en los pulmones, con cada una de sus características basada en fundamentos cuantitativos; y el otro nivel de investigación es el causal experimental porque se manipula la variable independiente que en este caso es el desarrollo del sistema efectuando control sobre el diagnóstico previo.

### **3.4 Población y muestra**

Para la presente investigación se ha establecido como población a 100 casos de personas entre hombres y mujeres, atendidos y tratados en distintas casas de salud y laboratorios especializados durante el año 2017 y 2018, o que laboren en una empresa; tomando en cuenta el significativo y preocupante incremento de casos, y la influencia de la contaminación en el entorno, a pesar de ello este tema puede extrapolarse a nivel mundial ya que el tema es de interés general.

Debido a que 100 personas es un universo limitado, no se extraerá una muestra sin embargo se tomarán en cuenta criterios de inclusión y exclusión detallados a continuación.

La Tabla 2 se presenta la consideración que se tomará en cuenta para los elementos que se incluirán como parte de la población, mediante parámetros que discriminen su género, edad, patología y condiciones, ya que principalmente la edad es un factor muy importante ya que está directamente relacionada con las condiciones de salud de un individuo.

**Tabla 2** Consideración para población inclusiva

<b>POBLACIÓN INCLUSIVA</b>			
<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Patología</b>	<b>Condiciones</b>
Masculino	Entre 30 y 65 años	Lesiones quísticas y cavitarias.	Con antecedentes médicos.
Femenino		Nódulos pulmonares. Calcificaciones	Sin antecedentes médicos

Elaborado por: La investigadora

La Tabla 3 representa la consideración que se tomará en cuenta para los elementos que no se incluirán como parte de la población, mediante parámetros que discriminen su género, edad, razón y condiciones, ya que como se mencionó con anterioridad la edad es un factor muy importante ya que está directamente relacionada con las condiciones de salud de un individuo, siendo el caso de que en individuos muy jóvenes los trastornos pulmonares son escasos y en los individuos muy viejos los trastornos pulmonares son muy comunes.

**Tabla 3** Consideración para población exclusiva

<b>POBLACIÓN EXCLUSIVA</b>			
<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Razón</b>	<b>Condiciones</b>
Masculino	Menor de 30 años y mayor de 65 años	Los menores de 30 no son muy propensos a daños pulmonares y los mayores de 65 son propensos a cáncer y metástasis por diferentes factores.	Antecedentes familiares.
Femenino			

Elaborado por: La investigadora

### 3.5. Operacionalización de variables.

#### 3.5.1. Variable Independiente: Sistema para reconocimiento de patrones de imágenes médicas

Tabla 4 Operacionalización de la variable Independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Es un conjunto de procedimientos que mediante algoritmos relacionados con visión artificial permitirán analizar imágenes de pulmones.	Patrones de imágenes	Modelos básicos para diferentes casos.	¿Qué patrones de imágenes se van a emplear?	Revisión de fuentes bibliográficas técnicas y médicas.
	Segmentación de imágenes	División de pulmones en partes.	¿Cómo se seccionarán por software los pulmones para su análisis?	
	Extracción de características	Identificación de características relevantes para análisis.	¿Qué características facilitarán el diagnóstico previo?	Aplicación de software libre.
	Clasificación y reconocimiento de lesiones, nódulos y calcificaciones	Reconocimiento de trastornos pulmonares	¿Qué parámetros se expondrán como parte del diagnóstico previo?	

Elaborado por: La investigadora



### 3.4.2. Variable Dependiente: Diagnóstico previo en trastornos pulmonares

Tabla 5 Operacionalización de la Variable Dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Permite revelar la manifestación previa de una enfermedad a partir de observar y analizar sus síntomas.	Patologías pulmonares	Lesiones quísticas y cavitarias Nódulos pulmonares Calcificaciones	¿Qué características presenta cada patología?  ¿Cuáles son los tiempos de esperanza de vida de acuerdo a la patología?  ¿Cuál es el procedimiento que se aplica de acuerdo a la patología detectada?	Revisión de fuentes bibliográficas técnicas y médicas.  Visita y entrevista con un experto del área para adquirir un mejor criterio

Elaborado por: La investigadora

### **3.6. Recolección de información**

Para recoger la información que permita desarrollar el proyecto se efectuarán visitas a diferentes instituciones entre casas de salud, laboratorios particulares y empresas, con la finalidad de acceder a 100 imágenes de pulmones, seleccionadas adecuadamente con el apoyo de un especialista para que aporte en el conocimiento médico y se logre omitir errores en el diagnóstico que emita el sistema en cuanto a sus respectivos diagnósticos formales.

### **3.7. Procesamiento y análisis de la información**

Para efectuar el análisis se ingresarán imágenes nuevas y de esta forma obtener el diagnóstico previo de las mismas. Una vez efectuada esta operación, se procederá con la confirmación de un médico especialista estableciendo el diagnóstico oficial, con el cual se verificará la funcionalidad del sistema desarrollado, contraponiendo los resultados arrojados por el sistema vs. el criterio del experto y se modificará lo necesario para reducir el error, permitiendo aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO ADMINISTRATIVO**

#### **4.1 Recursos**

##### **4.1.1 Institucionales**

- Centros de Imagenología, Casas de salud y Laboratorios particulares
- Universidad Técnica de Ambato
- Bibliotecas

##### **4.1.2 Humanos**

- Investigador,
- Tutor,
- Médico especialista
- Pacientes

##### **4.1.3 Materiales**

- Computador portátil,
- Cámara fotográfica
- Cámara filmadora
- Memoria USB
- Resma de papel
- Perfiles
- Esferos y lápices

##### **4.1.4 Económicos (Presupuesto)**

En la Tabla 6 se detallan los recursos, materiales necesarios y gastos proyectados para la realización del proyecto de investigación:

**Tabla 6** Presupuesto proyectado para el proyecto.

<b>PRESUPUESTO PARA PROYECTO</b>					
<b>RECURSO</b>	<b>ASPECTOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (\$)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
<b>HUMANO</b>	Desarrollo de investigación	Horas/Hombre	450	5,00	2250,00
	Recolección de imágenes patrones	Horas/Hombre	150	5,00	750,00
	Desarrollo del sistema	Horas/Hombre	100	5,00	500,00
	Entrevista con médicos especialistas	Horas/Hombre	100	15,00	1500,00
	<b>Subtotal</b>	<b>Horas/Hombre</b>			
<b>MATERIALES</b>	Computadora Laptop	Unidad	1	800,00	800,00
	Impresora	Unidad	1	120,00	120,00
	Materiales de oficina	Unidad	1	150,00	150,00
	<b>Subtotal</b>				
<b>OTROS</b>	Transporte	Pas./Persona	1	100,00	100,00
	Subsistencias	Subs./Persona	1	100,00	100,00
	Internet	Unidad	1	50,00	50,00
	Bibliografía	Unidad	1	50,00	50,00
	<b>Subtotal</b>				
<b>Subtotales</b>				<b>6370,00</b>	
<b>Imprevistos</b>				<b>637,00</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>7007,00</b>	

Elaborado por: la investigadora.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **5.1. Objetivos**

##### **5.1.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares mediante técnicas de visión artificial.

##### **5.1.2. Objetivos específicos.**

- Detectar nódulos, quistes y calcificaciones en pulmones en base al contenido ecogénico de cada uno de ellos.
- Contabilizar nódulos, quistes y calcificaciones en pulmones.
- Efectuar un diagnóstico previo del estado de los pulmones.

#### **5.2. Análisis de Factibilidad**

##### **5.2.1. Factibilidad Técnica**

El proyecto analizado técnicamente es factible de realizar ya que sus componentes en hardware (laptop y placas de rx) y software (programas y librerías) están al alcance para su desarrollo, es importante señalar que el desarrollo de la propuesta está en base a Python que es un lenguaje de programación libre y multiparadigma que permite efectuar programación orientada a objetos, conjuntamente con todas sus librerías específicas con lo cual se efectuará el tratamiento y procesamiento de las imágenes a diagnosticar, sin embargo el gran inconveniente que se presenta es la adquisición de las imágenes para su análisis y tratamiento debido a que en las casas de salud tienen estrictos protocolos que

incluye entregar los exámenes únicamente a los pacientes sin reservar respaldos en bases de datos para futuras investigaciones, .

### **5.2.2. Factibilidad Económica**

El proyecto analizado económicamente es factible, ya que todos los costos para el desarrollo del prototipo serán asumidos en su totalidad por parte del investigador, es importante indicar que el análisis en su parte médica requiere continuo asesoramiento y esta actividad representa una inversión constante hasta la finalización del sistema.

### **5.2.3. Factibilidad Bibliográfica**

El proyecto analizado bibliográficamente es factible de realizar a pesar de que al ser un proyecto de investigación no existe gran cantidad de fuentes investigativas para su desarrollo por lo cual se realizará en base a diversos artículos científicos y publicaciones en bibliotecas virtuales accesibles en internet.

## **5.3. Requerimientos del Sistema**

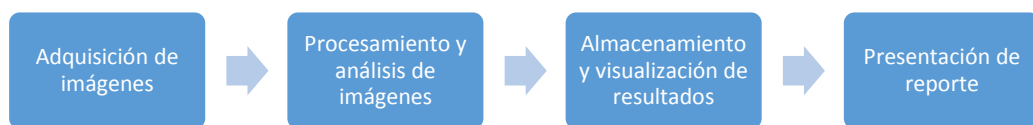
El sistema a desarrollarse para el Reconocimiento de Patrones de Imágenes Médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares requiere contar con varias características entre las cuales las más importantes están la reducción en la emisión de resultados para extender el tiempo de vida del paciente y la veracidad en los resultados presentados tratando de agilizar el tratamiento requerido.

En base a ello se consideran las siguientes etapas a implementar:

- Etapa de adquisición de imágenes
- Etapa de preprocesamiento de imágenes
- Etapa de segmentación de imágenes
- Etapa de identificación de nódulos, tumores y calcificaciones en pulmones

- Etapa de visualización de resultados en forma gráfica.
- Etapa de visualización de resultados mediante un reporte.

Incorporando las etapas necesarias para la realización del proyecto en un diagrama de bloques se puede expresar como se indica en la Figura 18, considerando como parámetros: la adquisición de imágenes de rx, el procesamiento y análisis de las mismas para su mejoramiento, el almacenamiento y visualización de resultados y la presentación del reporte con el diagnóstico previo.



**Figura 18 Esquema de las etapas para el proyecto.**

Elaborado por: La investigadora

#### 5.4. Análisis del Software Requerido

Para el desarrollo del Sistema de Reconocimiento de Patrones de Imágenes Médicas para Establecer Diagnósticos Previos en Trastornos Pulmonares, se han empleado técnicas de visión artificial que permitan identificar las características buscadas en las radiografías, por lo que se han comparado varios paquetes informáticos, programas y librerías tales como las comparadas en la siguiente Tabla, la cual nos indica las múltiples ventajas que posee Python con relación a otros programas que pueden emplearse para visión artificial:

**Tabla 7 Diferencias entre Python, Qt Creator y Matlab**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>PYTHON</b>	<b>QT CREATOR</b>	<b>MATLAB</b>
Manejo de HMI	X	X	X
Facilidad de trabajo con matrices	X	-	-
Librerías incluidas para visión	X	-	-
Software libre	X	X	-
Portabilidad de código	X	X	-
Facilidad de programación	X	X	-

Elaborado por: La investigadora

### 5.4.1. Lenguaje de Programación Python

Es un lenguaje de programación libre que tiene estructuras de datos de alto nivel y un enfoque simple a la programación orientada a objetos que debido a su sintaxis es ideal para el desarrollo de aplicaciones en diversas áreas siendo una de ellas la visión artificial debido a su extensa biblioteca y facilidad de trabajo con arreglos de datos. En el presente caso se empleará este lenguaje para el preprocesamiento y procesamiento de imágenes que permitan el reconocimiento de objetos que en este caso son las enfermedades en pulmones.

### 5.4.2. Librerías de Python utilizadas:

- **Numpy:** es una biblioteca con funcionalidades matemáticas avanzadas permitiendo el manejo de vectores y matrices.
- **Pandas:** es una biblioteca extensión de Numpy que permite analizar y manipular datos, ofreciendo estructuras de datos y operaciones para tablas numéricas.
- **Scipy:** Es una biblioteca de algoritmos y herramientas matemáticas
- **Skimage:** es una biblioteca de procesamiento de imágenes que contiene algoritmos para segmentación, transformaciones geométricas, manipulación del espacio de color, análisis, filtrado, morfología, detección de características, etc.
- **Tkinter:** es un estándar para el diseño de la interfaz gráfica de usuario.
- **Keras:** es una biblioteca de red neuronal de código abierto que puede ejecutarse sobre TensorFlow y permite la experimentación con redes neuronales profundas de forma fácil, modular y extensible.
- **TensorFlow:** es una biblioteca para aprendizaje automático mediante un rango de tareas, puede usarse en sistemas que requieran construir y entrenar redes neuronales para detectar y descifrar patrones y correlaciones.
- **Kivi:** es una biblioteca multiplataforma de Python que emplea código abierto y se utiliza principalmente para desarrollar aplicaciones que por lo general hacen uso de interfaces de usuario, tiene como ventaja que una vez efectuado su código se puede ejecutar en cualquiera de las plataformas que soporta tales



como Linux, Windows, OS X, Android y iOS. En este caso con kivy se generará la interfaz gráfica para el sistema propuesto.

## **5.5. Arquitectura del Sistema**

Para el reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares, se pueden resumir sus etapas de desarrollo considerando el esquema descrito en la Figura 12, las mismas que efectuarían las siguientes funciones:

### **Etapa 1: Adquisición de imágenes**

La etapa de adquisición de imágenes es una parte muy importante dentro del proyecto a efectuar, ya que depende en gran medida de la calidad de la imagen de RX de tórax ingresados al sistema para que el procesamiento que se realiza en la siguiente etapa tenga mayor éxito porque la variedad de enfermedades a nivel pulmonar no únicamente se limita a los tres parámetros planteados para este tema de tesis.

### **Etapa 2: Procesamiento y análisis de imágenes**

Esta etapa trabaja directamente sobre las imágenes de RX ingresadas, aplicando el filtrado y segmentación adecuados con técnicas programáticas de visión artificial para mejorar y acentuar aún más las características de la imagen que se busca visualizar e identificar, para importarlas en forma textual a un reporte en forma exitosa facilitando el diagnóstico previo propuesto en el tema.

### **Etapa 3: Almacenamiento y visualización de resultados**

Esta etapa se almacenan las imágenes y resultados en un punto del computador debidamente direccionado en la programación del sistema y se pueden visualizar los resultados directamente en las imágenes y en un reporte en formato .pdf similar a una ficha médica con las características más relevantes analizadas e identificadas.

**Tabla 8 Ficha para reporte final**

<b>FICHA DE INGRESO DE INFORMACIÓN PACIENTES CON PROBLEMAS PULMONARES</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS (Complete)</b>			
Nombre:		Cédula:	
Dirección:			
Edad:	Sexo:	Teléfonos:	
<b>ANTECEDENTES (Marque con una X)</b>			
Fumador:			
Ex Fumador:		Tabaco: No.	
		Paquetes:	
Fumador Pasivo:			
No Fumador:			
<b>FACTORES AGRAVANTES (Marque con una X)</b>			
Laborales (Inhalación de gases o humos tóxicos)			
Comorbilidad Respiratoria:			
Comorbilidad Cardiovascular:			
Otras:			
<b>RESULTADOS RX (Marque con una X y complete las cantidades)</b>			
Quistes o cavitaciones		Cantidad:	
Nódulos		Cantidad:	
Calcificaciones:		Cantidad:	
Otra:		Cantidad:	
<b>OBSERVACIONES:</b>			

**Elaborado por: La investigadora**

#### **Etapa 4: Presentación de resultados**

Esta etapa se presentan los resultados que pueden ser tanto para el paciente como para el médico, los mismos que facilitan un diagnóstico previo para el profesional de la salud tratante y la ventaja de direccionar al paciente lo antes posible para que reciba un tratamiento adecuado, los resultados incluyen todos los datos presentes en la Tabla 7.

## **5.6. Diseño del Sistema**

Al analizar el problema, plantear los objetivos buscados y proponer las herramientas de solución; se procede a detallar el desarrollo de la propuesta para la detección de enfermedades pulmonares, específicamente nódulos, quistes y calcificaciones.

El diseño del sistema propuesto como solución al problema detectado se basa en un diseño asistido por computador (CAD), el mismo que es un procedimiento basado en visión e inteligencia artificial, y que en este caso facilita a los médicos la interpretación de determinadas pruebas a las que se somete un paciente para confirmar la presencia de una enfermedad.

Las fases principales del diseño son las mismas que en un sistema CAD es decir: preprocesamiento, segmentación, análisis de características mediante extracción, selección y validación, y clasificación utilizada bien para reducir falsos positivos o para caracterizar anormalidades detectadas.

### **5.6.1. Preprocesamiento y Procesamiento**

En esta etapa se aumentan las características buscadas de las imágenes de RX de tórax tales como formas y bordes y se reducen las características no deseadas como ruido, lo que incrementa la precisión del sistema mejorando el diagnóstico de enfermedades pulmonares.

En la selección de imágenes se emplea Radiografías torácicas estándar con la técnica de Radiología digital y básica de frente, ya que la mayoría de radiógrafos son de tipo digital ya que tienen como ventaja la calidad de la imagen.

Es importante indicar que el formato de las imágenes a utilizar es .PNG, tomando en cuenta que su formato original es DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) por ser el estándar empleado a nivel mundial para el, manejo de imágenes médicas, sin embargo el sistema acepta .JPG porque está basado en un

algoritmos de compresión de alta calidad casi sin pérdida y la reconstrucción de la imagen es prácticamente exacta; el tamaño también debe considerarse, por lo que se trata de escalar las imágenes para trabajarlas de una manera estandarizada.

En la programación de este punto se genera el “main” de la programación que efectúa varias funciones tales como dar inicio a Python para el funcionamiento del sistema y ejecutar la aplicación y la interfaz gráfica que se encuentran en el programa pulmondoc.kv.

Se debe indicar que el programa pulmondoc.kv es desarrollado en kivi que es un framework de código abierto que se usa en Python, por ser una multiplataforma que permite conectividad con dispositivos de entradas y protocolos actuales, empleado en este proyecto para generar una interfaz de usuario amigable, con un código reutilizable y escalable.

En otra hoja de Python se programa la clase donde se detectan los nódulos, quistes y calcificaciones, con un proceso de verificación de tonalidades en la imagen.

Se programa en Python también el despliegue de la hoja de pacientes con una ventana donde se ingresan los datos, y se obtienen los datos ingresados por el usuario.

También se programa el diagnóstico mediante un registro de eventos que permiten salir de la aplicación; cargar, preprocesar, umbralizar, presentar la imagen y preprocesarla para la entrada de la red neuronal convolucional llamada lungsegmentation que se realiza mediante las librerías Keras y TensorFlow; posterior a ello en la imagen se aplican máscaras que binarizan cada pulmón analizando contornos, después de obtienen las tonalidades de huesos para las calcificaciones, de tejidos blandos para los quistes y de tejidos grasos y blandos para nódulos con una medida menor de 3 cm., y una vez identificados mediante blobs se detectan, se contabilizan y finalmente se programa el reporte .pdf

Finalmente, en otra hoja de Python se programa la configuración de las pantallas paciente y diagnóstico con todos sus componentes y sus transiciones entre las mismas.

### **5.6.2. Segmentación**

En esta etapa, la imagen seleccionada es particionada en regiones con características diferentes para la extracción de la información de relevancia que en este caso son nódulos, cavitaciones y calcificaciones en pulmones

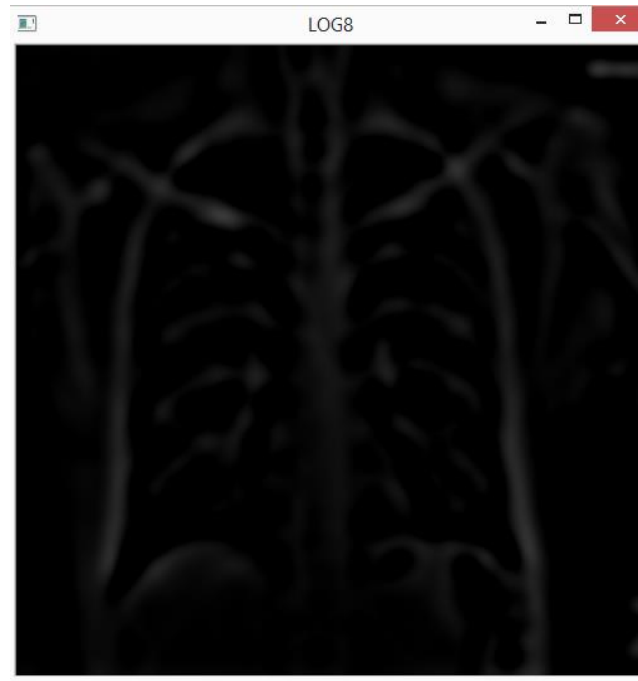
Existen diversos métodos para realizar segmentación, sin embargo esta depende de la imagen que se tiene y las características a identificar, y en las imágenes radiológicas de pulmones esto es complicado y hay que seleccionar el mecanismo correcto de segmentación ya que en una imagen 2D se representa el volumen de la caja torácica que es en 3D, dando como resultado una imagen con variaciones de contraste que dependen del kilovoltaje de la imagen el mismo que debe de ser alto (lo que significa de 125 a 133 kVp dependiendo del equipo utilizado, de la textura del paciente con 1 ó 2 mAs y a 1.8 m de distancia del tubo) y también de si el componente visible está en la parte anterior o posterior del tórax.

La técnica de segmentación escogida en este caso permite buscar patrones morfológicos en base a redes neuronales para localizar los pulmones diferenciándolos en derecho e izquierdo y dentro de ellos hallar los nódulos, quistes y calcificaciones con sus respectivos diámetros.

En este punto se programa en Python la clase donde se evalúa la red neuronal y se devuelve la máscara del pulmón, mediante parámetros morfológicos y valoraciones para descartar falsos positivos entre las máscaras predichas y regiones buscadas.

A continuación, se indican las imágenes que se van generando en el proceso ya que únicamente se visualiza el resultado final al trabajar con un archivo ejecutable.

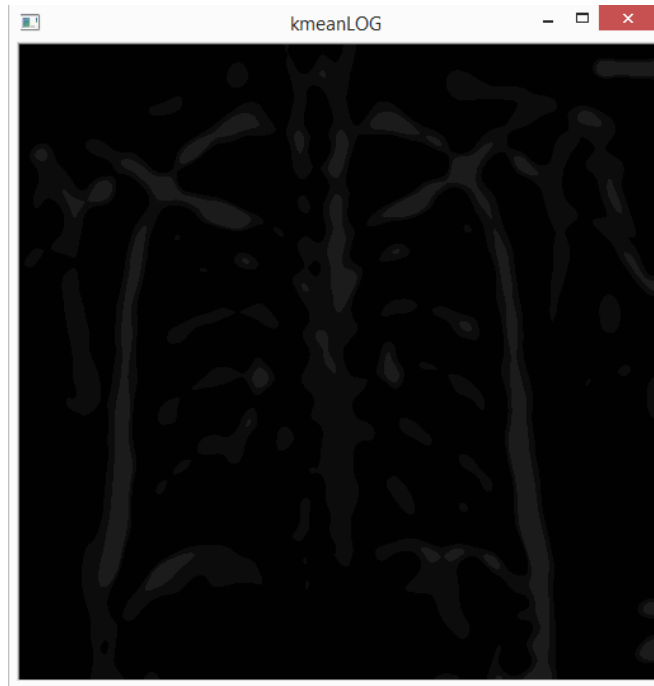
Al aplicar un filtro gaussiano y laplaciano, con a respectiva conversión de tipo de datos, para buscar los nódulos notables posterior al análisis de tonalidades, se obtiene lo indicado en la Figura 19.



**Figura 19 Resultado de filtrado laplaciano del gaussiano en pulmones**

Elaborado por: La investigadora

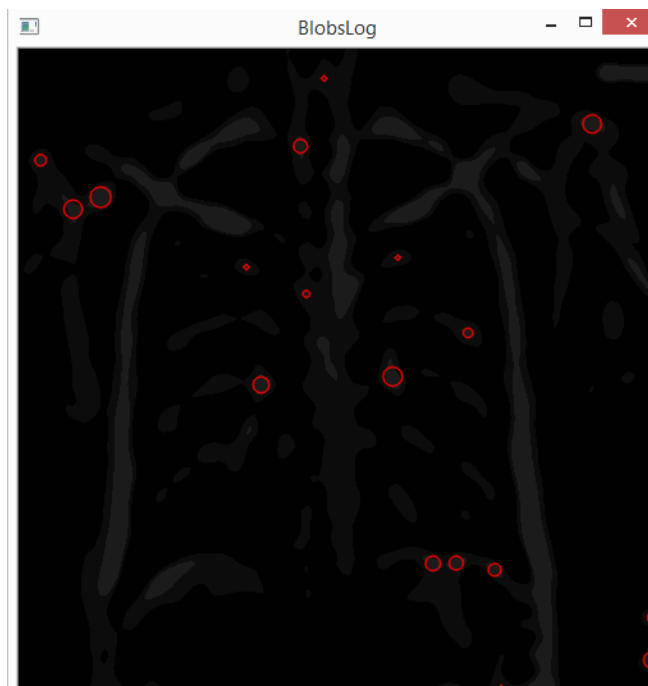
Se aplica algoritmo k means para ir agrupando información comparable es decir se hace una partición de un conjunto de n observaciones en k grupos en el que cada observación pertenece al grupo cuyo valor medio es más cercano, este algoritmo nos permite hacer un pequeño entrenamiento para una red neuronal y divide a la imagen en tres secciones según el valor de sus píxeles de acuerdo a la escala de grises, con la desventaja de que cuando las imágenes son borrosas existe oscilación en resultados; tal cual se indica en la Figura 20.



**Figura 20 Aplicación de algoritmo k means**

Elaborado por: La investigadora

Siguiendo con la programación se aplican blobs detectando el centro de círculos específicos a las imágenes que contienen algoritmo k means, para identificar los nódulos, quistes y calcificaciones y los marca con círculos en color rojo, lo que puede observarse en la Figura 21.

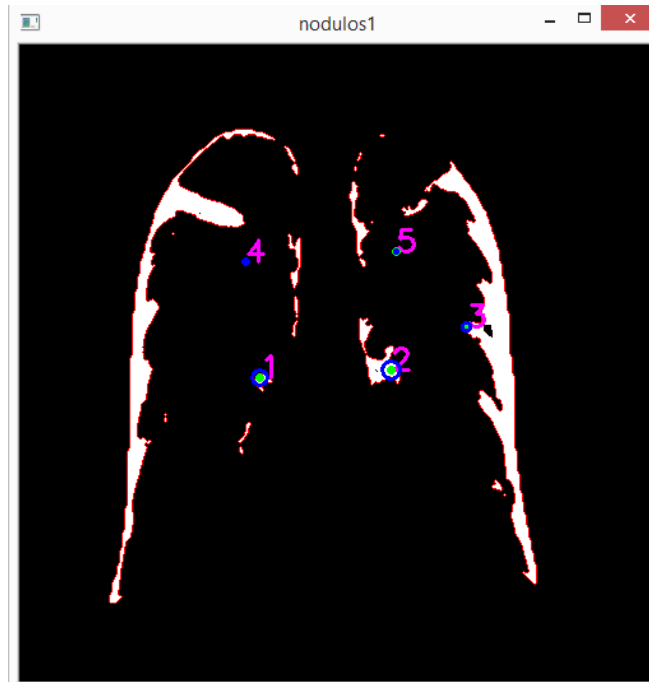


**Figura 21** Aplicación de blobs en la imagen con algoritmo k means

Elaborado por: La investigadora

Posterior se aplica una máscara para identificar contornos en los pulmones y se determina el diámetro aproximado de los nódulo, quistes y calcificaciones encontradas, quedando un resultado como el de la Figura 22.





**Figura 22 Imagen final con resultados empleada para diagnóstico**

Elaborado por: La investigadora

Las interfaces hombre máquina (HMI) generadas con la programación son: un formulario para ingreso de datos del paciente, y un formulario para visualización de diagnóstico previo.

En la Figura 23 se presenta el HMI para el ingreso de datos del paciente con los factores más relevantes de una historia clínica siendo los mismos los nombres del individuo y su identificación, su dirección ya que la localidad de vivienda puede influir en el padecimiento de una enfermedad pulmonar, la edad para verificar si está dentro de la población inclusiva, los antecedentes para saber si es fumador, no fumador o fumador pasivo, los factores agravantes de tipo laboral, la presencia de alguna otra enfermedad pulmonar o cardíaca que son precedentes de trastornos pulmonares y alguna observación particular que deba considerarse.

The screenshot shows a web application window titled 'Pulmondoc'. The main heading is 'Datos del Paciente'. The form contains the following fields and options:

- Nombre: [input field]
- CI: [input field]
- Dirección: [input field]
- Edad: [input field]
- Sexo: **Masculino** (dropdown menu)
- Teléfono: [input field]
- Antecedentes: **Fumador** (dropdown menu)
- No. Paquetes: [input field] al [input field] día
- Factores Agravantes:
  - Laboral (Gases tóxicos):
  - Comorbidad pulmonar:
  - Comorbidad cardíaca:
  - Ninguno:
- Observaciones: [input field]

A green button labeled 'Diagnóstico' is located at the bottom right of the form area.

**Figura 23 Formulario para ingreso de Datos del Paciente**

Elaborado por: La investigadora

En la Figura 24 se presenta el HMI con el Formulario para el Diagnóstico previo, que permite abrir la imagen de la radiografía del individuo en estudio, y la visualización de la misma en forma gráfica y numérica con la identificación de nódulos, quistes y calcificaciones, finalmente contiene el botón para generar el reporte con el diagnóstico previo correspondiente.



**Figura 24 Formulario para Diagnóstico Previo**

Elaborado por: La investigadora

Al seleccionar abrir imagen se puede buscar el archivo de la radiografía que se necesita, si se pincha en vistas se puede ver la imagen desplegada con sus nódulos, quistes o cavitaciones. Finalmente, al ubicarnos en generar Pdf se despliega el reporte del diagnóstico previo efectuado con la identificación de las características buscadas.

## **5.7. Pruebas de Funcionamiento del Sistema**

**5.7.1. Caso 1:** Se analiza la radiografía de la Figura 25 correspondiente al Sr Guangasí Jonathan cuyos pulmones están sanos y limpios según diagnóstico de médico ocupacional en su lugar de trabajo.



**Figura 25 Rayos X de Tórax Sr. Guangasí Jonathan**

Elaborado por: La investigadora

En la Figura 26 se ingresan los datos del paciente constatando que el paciente no es fumador y no cuenta con ningún factor agravante siendo muy poco probable que se encuentre enfermo con algún tipo de trastorno pulmonar.

A digital form titled 'Datos del Paciente' with a pink lungs icon in the top left. The form contains the following fields and options:

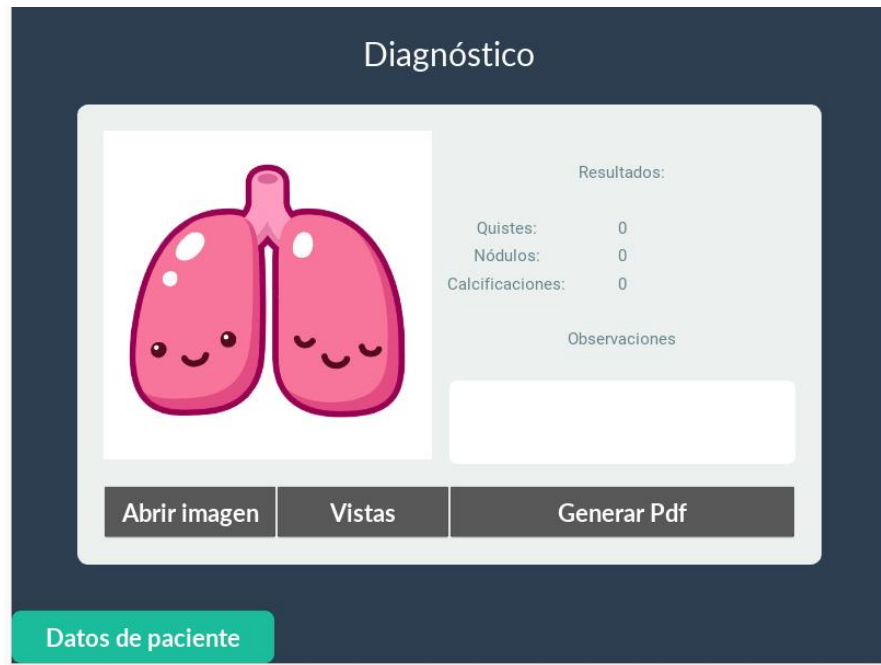
- Nombre: Jonathan Guangasí
- Ci: xxxxxxxxxxxx
- Direccion: Ambato
- Edad: 30
- Sexo: Masculino
- Telefono: xxxxxxxxxxxx
- Antecedentes: No Fumador
- No.Paquetes: 0 al día
- Factores Agravantes: Laboral(Gases toxicos) [unselected], Conmorvidad pulmonar [unselected], Conmorvidad cardiaca [unselected], Ninguno [selected]
- Observaciones: [empty text box]

A green button labeled 'Diagnóstico' is located at the bottom right of the form.

**Figura 26 Registro para ingreso de Datos del paciente**

Elaborado por: La investigadora

En la Figura 27 se visualizan los resultados en el Registro de Diagnóstico previo para el paciente verificando que no posee ni quistes, ni nódulos, ni calcificaciones, lo que significa que se corrobora la imagen radiológica con el diagnóstico generado.



**Figura 27 Registro para Diagnóstico de Guangasí Jonathan**

Elaborado por: La investigadora

Finalmente, en la Figura 28 se aprecia el reporte en Formato PDF con los resultados obtenidos de la imagen radiológica ingresada y que detalla toda la información de relevancia del paciente analizado.

**Estudio: RX Torax**

**Análisis Pulmonar**

**Datos del Paciente**

Nombre:	Jonathan Guangasi	Cedula:	xxxxxxxxxx		
Dirección:	Ambato				
Edad:	30	Sexo:	Masculino	Telefono:	xxxxxxxxxx

**Historia clínica:**

El paciente refiere no haber consumido cigarrillos

**Descripción:**

El paciente presenta

**Conclusión:**

El paciente presenta no presenta quistes, nódulos o calcificaciones

**Observaciones:**

**Figura 28 Reporte de Diagnóstico Previo de Guangasí Jonathan**

Elaborado por: La investigadora

**Diagnóstico del Médico Ocupacional:** Rx de Tórax sin contraste aplicado a hombre de 30 años de edad sin antecedentes previos, no hay evidencia de nódulos, quistes o calcificaciones en ninguno de los lóbulos de los pulmones, se recomienda repetir en forma rutinaria la placa radiográfica en 1 año a partir de la presente fecha.

**Conclusión del Caso 1:** Se analiza la radiografía del Sr Guangasí Jonathan en el sistema y concuerda con el diagnóstico del médico ocupacional en su lugar de trabajo, dando como resultado pulmones sanos.

**5.7.2. Caso 2:** Se analiza la radiografía del Sr Guamán Darío cuyos pulmones tienen quistes, nódulos y calcificaciones según diagnóstico de médico ocupacional en su lugar de trabajo.

Como se observa en la Figura 29 se ingresan los datos del paciente, entre los cuales se destaca que el individuo es ex fumador y además en su área de trabajo está expuesto a solventes lo que es un factor agravante para el padecimiento de trastornos pulmonares.

Pulmondoc

### Datos del Paciente

Nombre: Darío Guamán CI: XXXXXXXXXXXX

Dirección: Ambato

Edad: 35 Sexo: Masculino Teléfono: XXXXXXXXXXXX

Antecedentes: Ex Fumador

No.Paquetes al día

Observaciones: Expuesto a solventes.

Factores Agravantes

- Laboral(Gases toxicos)
- Comorbididad pulmonar
- Comorbididad cardiaca
- Ninguno

Diagnóstico

**Figura 29 Datos del paciente**

Elaborado por: La investigadora

En la Figura 30 se visualiza la carga de la imagen de radiografía de tórax del paciente y los resultados con la cantidad de nódulos, quistes y calcificaciones que tiene el mismo.

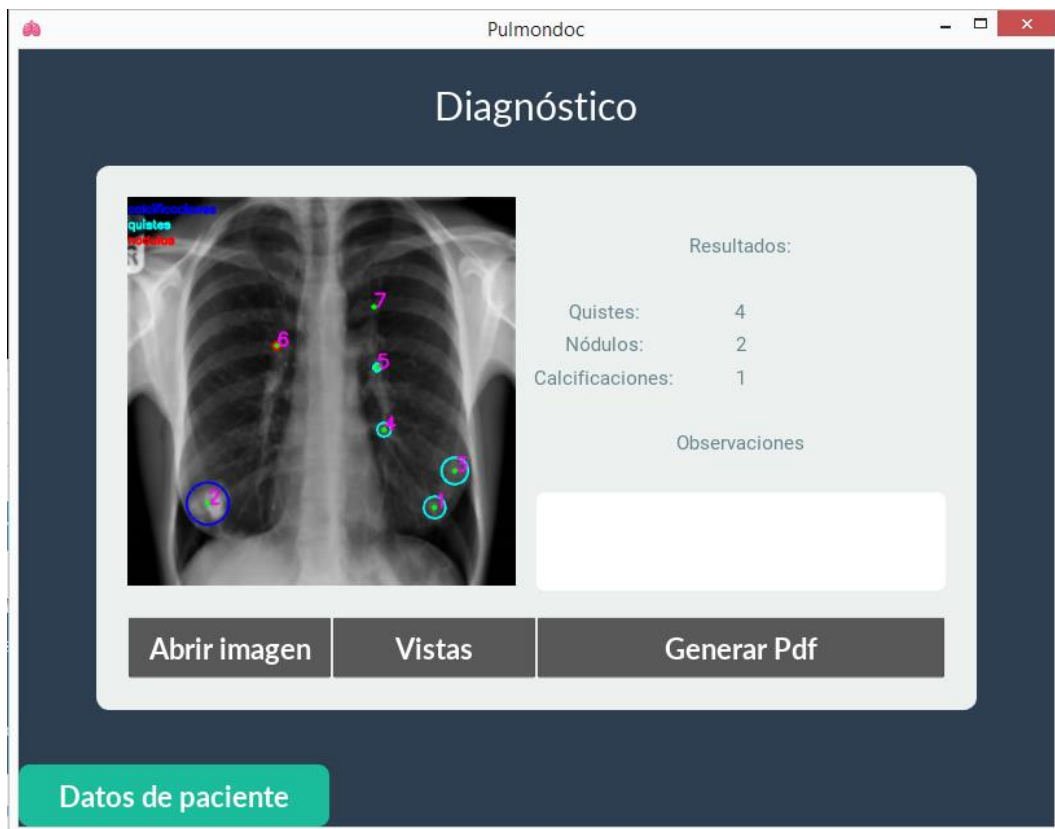


**Figura 30 Diagnóstico de Darío Guamán**

Elaborado por: La investigadora

En la Figura 31 se pueden observar en el HMI del diagnóstico la vista de los nódulos, quistes y calcificaciones sobre la radiografía de tórax del individuo, manteniéndose los resultados numéricos de los mismos.





**Figura 31 Diagnóstico de Darío Guamán aplicando segmentación**

Elaborado por: La investigadora

Para finalizar el segundo caso, en la Figura 32 se aprecia el reporte en Formato PDF con los resultados obtenidos de los rayos x en cuanto a número y a diámetro, detalla también toda la información de relevancia del paciente analizado que fueron ingresados como parte de su historia clínica.



miércoles, 05 de diciembre de 2018

**Estudio: RX Torax**

**Análisis Pulmonar**

**Datos del Paciente**

Nombre: \_\_\_\_\_ Cedula: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: Masculino Telefono: \_\_\_\_\_

**Historia clínica:**

El paciente refiere consumir cigarrillos al día

**Descripción:**

El paciente presenta quistes de diametro 0.9425 cm en el pulmon izquierdo, calcificaciones de diametro 1.7875 cm en el pulmon izquierdo, quistes de diametro 1.105 cm en el pulmon izquierdo, quistes de diametro 0.585 cm en el pulmon derecho, quistes de diametro 0.3575 cm en el pulmon derecho, nodulos de diametro 0.3575 cm en el pulmon derecho, nodulos de diametro 0.1625 cm en el pulmon derecho,

**Conclusión:**

El paciente presenta quistes, nodulos y calcificaciones

**Observaciones:**

**Figura 32 Diagnóstico Previo de Darío Guamán**

Elaborado por: La investigadora

**Diagnóstico del Médico Ocupacional:** Rx de Tórax sin contraste aplicado a hombre de 35 años de edad con antecedentes de fumador, presenta calcificación y nódulo en el pulmón izquierdo y nódulos, 4 quistes y 1 nódulo en el pulmón derecho, se recomienda repetir la placa radiográfica en forma inmediata para descartar problemas de salud que afecten sus actividades laborales.

**Conclusión del Caso 2:** Se analiza la radiografía del Sr Guangasí Jonathan en el sistema y concuerda con el diagnóstico del médico ocupacional en su lugar de

trabajo, dando como resultado pulmones con presencia de nódulos, quistes y calcificaciones.

### 5.8. Análisis Estadístico del Sistema

Para la verificación de la correcta funcionalidad del sistema y sus errores recurrentes se ha acudido al criterio médico, el cual es vital al momento de una valoración médica confiable, sin embargo se ha generado una tabla con algunos datos para poder establecer un margen de error del sistema en forma general que permita establecer la confiabilidad del mismo, considerando que hay requerimientos específicos para que el sistema tenga más efectividad y uno de ellos es la calidad de la placa de rx analizada en cada caso influyendo directamente en el diagnóstico generado.

Se han seleccionado 100 placas entre pacientes sanos y enfermos cada uno con su respectiva placa constituyéndose en los datos y se contrastará esta información con el criterio médico, para de esa forma establecer un margen de error; la información detallada es la siguiente:

**Tabla 9 Verificación de Quistes, Nódulos y Calcificaciones del Sistema vs. Experto**

EXPERIMENTO	DETECCIÓN DEL SISTEMA			CRITERIO DEL EXPERTO		
	NO. DE QUISTES	NO. DE NÓDULOS	NO. DE CALCIFICACIONES	NO. DE QUISTES	NO. DE NÓDULOS	NO. DE CALCIFICACIONES
Placa Rx 1	1	0	0	0	0	0
Placa Rx 2	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 3	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 4	1	0	0	0	0	0
Placa Rx 5	0	2	0	0	0	0
Placa Rx 6	1	1	0	0	0	1
Placa Rx 7	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 8	3	1	1	3	1	2
Placa Rx 9	0	4	0	0	2	0
Placa Rx 10	1	0	0	0	0	1
Placa Rx 11	3	1	0	2	1	1

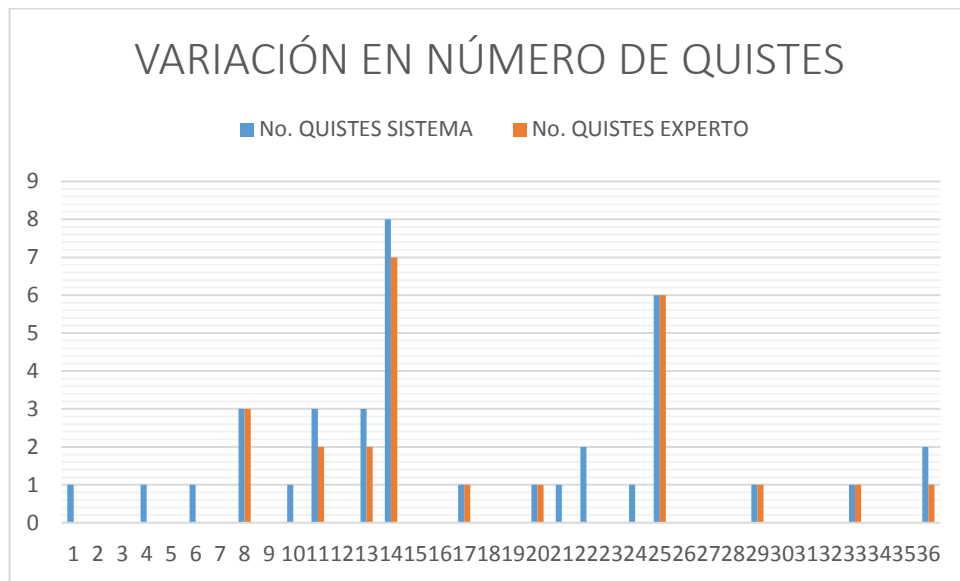
Placa Rx 12	0	1	0	0	0	1
Placa Rx 13	3	3	0	2	1	0
Placa Rx 14	7	3	1	7	4	1
Placa Rx 15	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 16	0	2	0	0	0	0
Placa Rx 17	1	1	0	1	0	0
Placa Rx 18	0	2	0	0	1	0
Placa Rx 19	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 20	1	0	0	1	0	0
Placa Rx 21	1	4	0	0	5	0
Placa Rx 22	2	1	0	0	0	2
Placa Rx 23	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 24	1	1	0	0	1	1
Placa Rx 25	6	1	2	6	1	2
Placa Rx 26	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 27	0	3	0	0	0	0
Placa Rx 28	0	3	0	0	2	0
Placa Rx 29	1	0	0	1	0	0
Placa Rx 30	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 31	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 32	0	2	0	0	0	1
Placa Rx 33	1	2	0	1	0	0
Placa Rx 34	0	2	0	0	0	1
Placa Rx 35	0	6	0	0	0	0
Placa Rx 36	2	3	0	1	2	0
Placa Rx 37	1	0	0	1	0	0
Placa Rx 38	1	0	0	1	0	0
Placa Rx 39	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 40	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 41	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 42	2	6	0	2	6	0
Placa Rx 43	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 44	6	1	2	6	1	2
Placa Rx 45	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 46	1	4	0	1	4	0
Placa Rx 47	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 48	1	1	0	1	1	0
Placa Rx 49	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 50	1	2	0	2	2	0
Placa Rx 51	2	1	1	2	1	1
Placa Rx 52	0	5	0	0	5	0
Placa Rx 53	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 54	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 55	0	0	0	0	0	0
Placa Rx 56	1	0	0	1	0	0
Placa Rx 57	0	1	0	0	1	0

Placa Rx 58	1	1	0	1	1	0
Placa Rx 59	1	1	0	1	0	0
Placa Rx 60	2	2	0	2	0	0
Placa Rx 61	0	2	0	0	1	0
Placa Rx 62	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 63	0	3	0	0	2	0
Placa Rx 64	1	0	0	1	0	0
Placa Rx 65	1	1	0	1	1	0
Placa Rx 66	1	3	0	1	2	0
Placa Rx 67	0	3	0	0	3	0
Placa Rx 68	1	1	0	1	1	0
Placa Rx 69	3	2	0	0	0	3
Placa Rx 70	5	6	0	0	5	2
Placa Rx 71	0	4	0	0	4	0
Placa Rx 72	0	6	0	0	4	2
Placa Rx 73	0	0	0	0	0	1
Placa Rx 74	0	4	0	0	2	0
Placa Rx 75	0	4	0	1	2	0
Placa Rx 76	1	2	0	1	1	1
Placa Rx 77	0	3	0	0	3	1
Placa Rx 78	0	1	0	0	1	1
Placa Rx 79	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 80	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 81	2	4	0	2	4	0
Placa Rx 82	0	1	0	0	1	1
Placa Rx 83	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 84	0	0	0	0	1	0
Placa Rx 85	1	0	0	0	0	0
Placa Rx 86	1	4	0	1	4	0
Placa Rx 87	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 88	0	6	0	0	6	0
Placa Rx 89	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 90	0	4	0	0	2	0
Placa Rx 91	0	1	0	0	1	0
Placa Rx 92	0	2	0	0	0	1
Placa Rx 93	0	2	0	0	0	1
Placa Rx 94	6	1	2	7	2	2
Placa Rx 95	1	1	0	0	0	1
Placa Rx 96	1	0	0	0	0	0
Placa Rx 97	0	4	0	0	2	0
Placa Rx 98	0	4	0	0	3	0
Placa Rx 99	0	2	0	0	2	0
Placa Rx 100	1	0	0	1	0	0
<b>TOTALES</b>	<b>82</b>	<b>180</b>	<b>9</b>	<b>63</b>	<b>128</b>	<b>34</b>

Elaborado por: La investigadora

A continuación, se efectúan gráficas que representen la variación entre los resultados obtenidos por el sistema desarrollado y los resultados proporcionados por el experto.

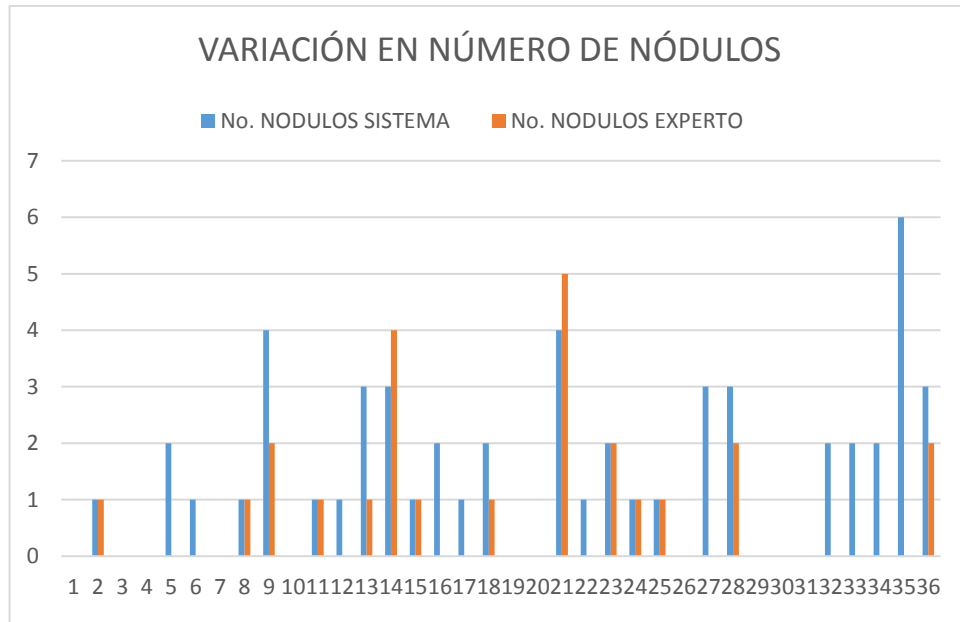
En la Figura 33 se presenta una muestra de la Variación del Número de Quistes presentado por el Sistema en contraposición al Número de Quistes verificado por el Experto, detectando una ligera variación del sistema con respecto al experto, debida a falsos positivos que requieren confirmación.



**Figura 33 Variación en Número de Quistes Sistema vs. Experto**

Elaborado por: La investigadora

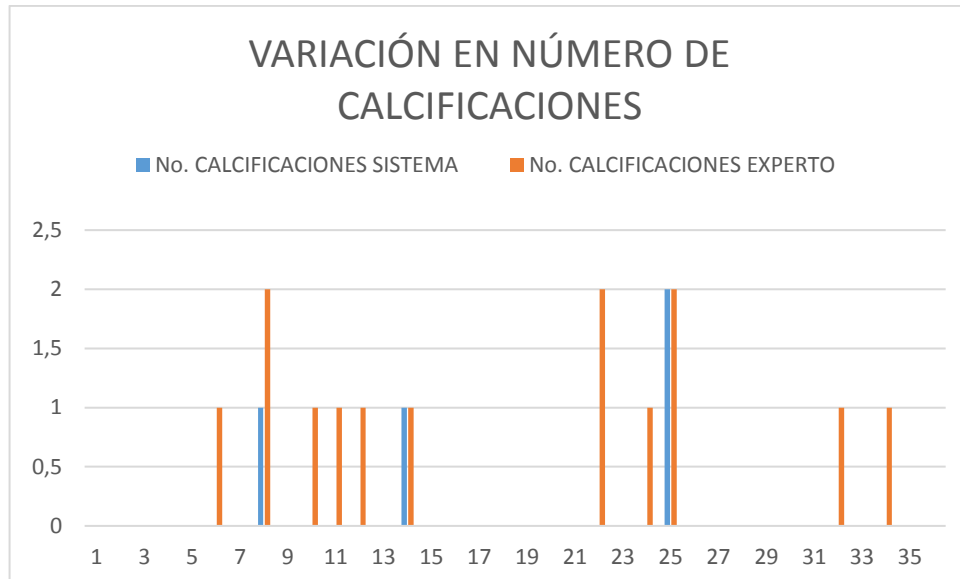
En la Figura 34 se presenta una muestra de la Variación del Número de Nódulos presentado por el Sistema en contraposición al Número de Nódulos verificado por el Experto, detectando una ligera variación del sistema con respecto al experto, debida a falsos positivos que requieren confirmación y algunos nódulos sin detección por parte del sistema.



**Figura 34 Variación en número de Nódulos Sistema vs. Experto**

Elaborado por: La investigadora

En la Figura 35 se presenta una muestra de la Variación del Número de Calcificaciones presentado por el Sistema en contraposición al Número de Calcificaciones verificado por el Experto, detectando una variación del sistema con respecto al experto, debida a falsos positivos que requieren confirmación y a la dificultad que posee el sistema para encontrar calcificaciones.



**Figura 35 Variación en número de calcificaciones Sistema vs. Experto**

Elaborado por: La investigadora

A continuación se calcula el error del sistema con la Ecuación 2 al comparar los resultados con los proporcionados por el médico especialista considerando que el error humano del especialista basado en técnicas de observación es del 5% tal como se observa en la Ecuación 1 por lo que requiere en algunos casos la confirmación de resultados con otras técnicas médicas, recalando que la efectividad del sistema depende de varios factores y que los falsos positivos generados se deben principalmente a la calidad de la imagen, por lo cual se determina el error únicamente con las detecciones que el sistema no ha realizado, quedando de la siguiente manera:

$$Error\ Experto = \frac{(No.de\ detecciones) * 5}{100} \quad (Ecuación\ 1)$$

$$Error\ Experto = \frac{225 * 5}{100}$$

$$Error\ Experto = 11.25$$



$$\text{Error Sistema} = \frac{(\text{No.de detecciones no realizadas}) * 0.05}{\text{Error del Experto}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Error Sistema} = \frac{(32) * 0.05}{11.25}$$

$$\text{Error Sistema} = 0,14$$

$$\% \text{Error Sistema} = 14\%$$

El error del sistema es un 14% en base a las detecciones que no ha realizado, siendo muy bajo, lo que significa que la efectividad del sistema es del 86% haciéndolo confiable principalmente en imágenes que cumplan con los requisitos solicitados en el desarrollo del sistema, y con la confirmación del experto que evalúe y deseche los falsos positivos.

### **5.9. Comprobación estadística de hipótesis mediante chi cuadrada ( $\chi^2$ )**

La prueba de chi-cuadrada permite comprobar la hipótesis, comparando la distribución que se observa de los datos (sistema) con la distribución esperada de los datos (experto).

En este caso se efectuará una prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrada para comprobar en que cantidad la muestra de datos categóricos se ajusta a la distribución teórica, cuyo cálculo es mediante la Ecuación 3.

$$\chi_{calc}^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Siendo:

$\chi_{calc}^2$  = chi cuadrado calculado

$f_0$  = frecuencia del valor observado

$f_e$  = frecuencia del valor esperado

Efectuado el cálculo de chi cuadrado con respecto a la Tabla 8 se tiene la siguiente tabla de contingencia:

**Tabla 10 Contingencia del Sistema**

Resultados numéricos en placas	Frecuencia observada de quistes	Frecuencia observada de nódulos	Frecuencia observada de calcificaciones	SUMA
0	57	23	94	174
1	28	28	3	59
2	6	23	3	32
3	4	9	0	13
4	0	11	0	11
5	1	1	0	2
6	3	5	0	8
7	1	0	0	1
SUMA	100	100	100	300

Elaborado por: La investigadora

Aplicar la siguiente fórmula para hallar la frecuencia esperada de la tabla de contingencia, mediante la Ecuación 4:

$$\frac{\text{Total columna (para dicha celda)} * \text{Total de fila (para dicha celda)}}{\text{Suma Total}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Obteniendo como frecuencias esperadas las señaladas en la Tabla 11

**Tabla 11 Frecuencias esperadas del sistema**

Frecuencia esperada en quistes	Frecuencia esperada en nódulos	Frecuencia esperada en calcificaciones
58	58	58
19,6667	19,6667	19,6667
10,6667	10,6667	10,6667
4,3333	4,3333	4,3333
3,6667	3,6667	3,6667
0,6667	0,6667	0,6667
2,6667	2,6667	2,6667
0,3333	0,3333	0,3333

Elaborado por: La investigadora

Aplicando la Ecuación 3 para el chi cuadrado, se obtiene como resultado final:

$$\chi_{calc}^2 = 125,616$$

Cálculo del grado de libertad ( $\nu$ ) mediante la ecuación 5:

$$\nu = (\text{Cantidad de filas} - 1)(\text{Cantidad de columnas} - 1) \text{ (Ecuación 5)}$$

$$\nu = (8 - 1)(3 - 1)$$

$$\nu = 14$$

A continuación, se calcula el nivel de significancia considerando que es el error que se puede cometer al rechazar la hipótesis nula siendo verdadera; para el cálculo el valor de significancia será del 99% es decir igual a 0.9, indicando que hay una probabilidad del 1% de que la hipótesis nula sea verdadera.

Ahora se calcula el parámetro  $p$ , con la Ecuación 6

$$p = 1 - \text{nivel de significancia (Ecuación 6)}$$

$$p = 1 - 0.9$$

$$p = 0.1$$

Verificando el valor de  $p$  y de  $\nu$ , en la Figura 36 para valores críticos de chi cuadrado, dando como resultado 7.790

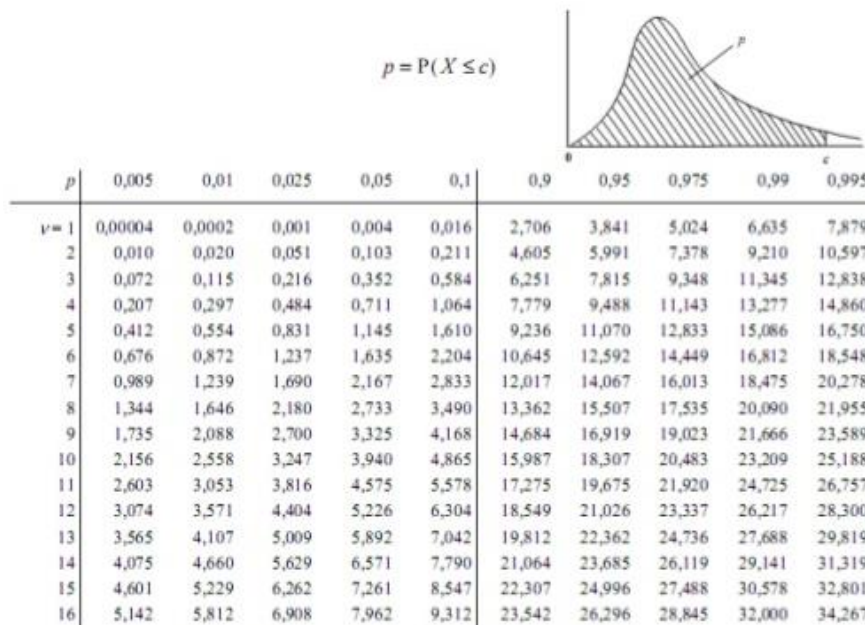


Figura 36 Valores críticos de chi cuadrado

Una vez hechos los cálculos si el valor del chi cuadrado calculado es menor que el chi cuadrado crítico se acepta la hipótesis nula, caso contrario no se la acepta, haciendo la comparación:

$$\chi^2_{\text{calc}} \leq \chi^2_{\text{crítico}}$$

$$125.616 \leq 7.790$$

No se cumple la comparación anterior, por lo tanto se considera la hipótesis como verdadera, lo que significa que la aplicación de un sistema que permita efectuar reconocimiento de patrones de imágenes médicas en trastornos pulmonares *si* incide en el establecimiento de diagnósticos previos.

## 5.10. CONCLUSIONES

- Una de las aplicaciones de las técnicas de visión artificial es el diseño de sistemas empleados en medicina que sirven para establecer diagnósticos previos en enfermedades y en este caso se ha empleado para trastornos pulmonares en forma exitosa.
- Para la detección de nódulos, quistes y calcificaciones en pulmones no es muy conveniente trabajar únicamente en base a la tonalidad de grises de cada uno de ellos ya que existen otros factores que modifican la clasificación.
- Empleando programación se puede contabilizar los nódulos, quistes y calcificaciones presentes en los pulmones posterior al proceso de segmentación realizado.
- El sistema desarrollado permite efectuar un diagnóstico previo del estado de los pulmones, sin embargo es necesario mencionar que el diagnóstico final y verídico debe ser avalado por un médico experto en el tema.
- El sistema es bastante confiable para el diagnóstico previo en trastornos pulmonares ya que es mínima la presencia de falsos positivos y por lo general es en función de la calidad de la imagen ingresada.
- Los falsos positivos que arroja el sistema se producen por superposición de vasos sanguíneos sobre las costillas generando cambios en las densidades radiológicas de la imagen.
- El sistema desarrollado opera muy bien y los falsos positivos que se presentan se debe a las variaciones en la escala de grises de acuerdo al sistema radiológico del cual proviene la imagen de Rx.
- El sistema tiene como limitación que debería utilizarse para imágenes procedentes de un mismo sistema radiológico o de una misma casa de salud

para efectuar modificaciones en base a condiciones específicas que reduzcan la presencia de falsos positivos.

### **5.11. RECOMENDACIONES**

- Seleccionar adecuadamente las placas de rx empleadas para el sistema ya que si no reúnen las características mínimas de calidad no proporcionan el diagnóstico real y su margen de error se incrementa.
- No emplear el diagnóstico de este sistema para reemplazar el criterio médico de un especialista en la rama.
- Delimitar adecuadamente la población para los experimentos ya que de acuerdo a la edad existen factores que incrementan la posibilidad de presentar daños a nivel pulmonar.
- Calcular siempre el margen de error de cualquier sistema que se emplee para el campo de la medicina ya que es necesario conocer su confiabilidad para que sirva como una herramienta de diagnóstico.
- Escalar la programación del sistema con la finalidad de mejorar y ampliar la detección previa de enfermedades en pulmones.
- Efectuar ajustes en el sistema de acuerdo a la escala de grises de las imágenes que se utilizan en el mismo, para lo que sería conveniente aplicarlo específicamente para una misma casa de salud.
- Solicitar al paciente se realice una tomografía pulmonar en el caso en el cual existan nódulos, quistes o calcificaciones por corroborar que aparezcan en el diagnóstico previo.

### **5.12. REFERENCIAS**

- CDC/ Centros Para El Control Y La Prevención De Enfermedades. (2007).  
Guía De Niosh Sobre Entrenamiento En Espirometría. Recuperado el 6 de

julio de 2018, de [https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-154c\\_sp/pdfs/2004-154c.pdf](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-154c_sp/pdfs/2004-154c.pdf)

- Gurney, J., Winer, H. (2004). Serie radiológica clínica. Los 100 diagnósticos principales en tórax. Recuperado el 7 de julio del 2018, de <https://www.journal.com.ar/8481747521/Serie+Radio+1%C3%B3gica+Cl%C3%ADnica++100+Diagn%C3%B3sticos+principales+en+Tor%C3%A1x/>
- OMS (2016). Contaminación del aire, de interiores y salud. Recuperado el 8 de julio de 2018, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/>.
- Jalilie, A. (2015). Aproximación Diagnóstica A Las Enfermedades Pulmonares Difusas. Recuperado el 8 de julio de 2018, de <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-aproximacion-diagnostica-a-las-enfermedades-S0716864015000632>
- Wells, A. (2013). Managing diagnostic procedures in idiopathic pulmonary fibrosis. Recuperado el 8 de julio de 2018, de DOI: 10.1183/09059180.00001213
- SOLCA Núcleo de Quito. (2017). Cáncer de Pulmón. Recuperado el 8 de julio de 2018, de [www.solcaquito.org.ec/index.php/publicaciones/suplementos-medicos/cancer-de-pulmon](http://www.solcaquito.org.ec/index.php/publicaciones/suplementos-medicos/cancer-de-pulmon)

- Grupo La Hora. (2012). Casos de Cáncer en aumento. Recuperado el 9 de julio de 2018, de <https://www.elcomercio.com/tendencias/salud/aumenta-incidencia-del-cancer-mama.html>
- Marengoni, M., Stringhini, D., (2011). High Level Computer Vision using OpenCV. Recuperado el 9 de enero de 2018, de **DOI:** 10.1109/SIBGRAPIT.2011.11
- Thornton, J., Savvides, M., Kumar V., (2007). A Bayesian Approach to Deformed Pattern Matching of Iris Images. Recuperado el 11 de enero de 2018, de **DOI:** 10.1109/TPAMI.2007.1006
- El-Kareh, R., Hasan, O., D Schiff, G., (2015). Use of health information technology to reduce diagnostic errors. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://qualitysafety.bmj.com>, 2015.
- Rahnamayan, S., Mohamad, Z., (2010). Tissue Segmentation in Medical Images Based on Image Processing Chain Optimization. Recuperado el 13 de enero de 2018, de **DOI:** 10.1109/TMI.2017.2698525
- Hartman, T., Müller, N., Primack, S., et al. (1994). Metastatic pulmonary calcification in patients with hypercalcemia: findings on chest radiographs and CT scans. Recuperado el 15 de enero de 2018, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8140993>
- Casoni, G., Gurioli, C., Poletti, V. (2011). Transbronchial Pulmonary Biopsies. Recuperado el 18 de enero de 2018, de **DOI:** 10.4081/monaldi.2011.238




- Universidad de Salamanca (2008). Caja torácica. Recuperado el 10 del julio de 2018, de <http://ocw.usal.es/eduCommons/ciencias-biosanitarias/anatomia-del-aparato-locomotor/caja-toracica/>
- Barone L. (2004). Anatomía y fisiología del cuerpo humano. Argentina: Cultural Librería Americana S.A.
- Palacios J. (2007). Sistema Respiratorio: Anatomía. Recuperado el 15 de junio de 2018, de <https://www.infermeravirtual.com/files/media/file/97/Sistema%20respiratorio.pdf?1358605430>
- González (2018). Las 7 enfermedades respiratorias más comunes. Recuperado el 25 de junio de 2018, de <https://blog.hospitalsanangelinn.mx/enfermedades-respiratorias-mas-comunes>
- Zeljkovic V., Bojic M. (2011). Automatic detection of abnormalities in lung radiographs caused by planocellular lung cancer. Recuperado el 30 de junio de 2018, de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5752067&isnumber=5751960>
- American Cancer Society. Factores de riesgo para el cáncer de pulmón microcítico. Recuperado el 6 de julio de 2018, de <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-pulmon-microcitico/causas-riesgos-prevencion/factores-de-riesgo.html>
- MORA, P. (2002). Optimización de la técnica radiográfica del tórax PA. Recuperado el 10 de julio de 2018, de

[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-60022002000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022002000400005&lng=en&nrm=iso).

- Rodríguez, H. (2011). Captura Digital y Revelado de Raw. Recuperado el 17 de julio de 2018, de ISBN: 8426717470
- Peña, A., Silva, L., Alcolea, R. (2018). Módulo de filtrado y segmentación de imágenes médicas digitales para el proyecto Vismedic. Recuperado el 25 de julio de 2018, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992016000100002&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000100002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2227-1899.
- Bagnato, J. (2018). K-means en python paso a paso. Recuperado el 29 de julio de 2018, de <http://www.aprendemachinlearning.com/k-means-en-python-paso-a-paso/>.
- Rodríguez, A., A. et al. (2018). Utilidad de las redes neuronales artificiales en la predicción de cáncer de próstata en la biopsia transrectal. Recuperado el 3 de agosto de 2018, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0210-48062006000100003&lng=es&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062006000100003&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0210-4806.
- López, R. (2016). Python programacion analisis de datos machine learning redes neuronales tensorflow. Recuperao el 8 de agosto de 2018, de <https://relopezbriega.github.io/blog/2016/08/02/redes-neuronales-convolucionales-con-tensorflow/>

## 5.13. ANEXOS

### 5.13.1. ANEXO 1: Certificado de Aprobación del Médico Especialista



**FECHA:** 11/12/2018  
**NOMBRES:** CABEZAS GOMEZ ELAINE VALERIA  
**EXAMEN:** CERTIFICADO  
**MÉDICO QUE SOLICITA:** DR.

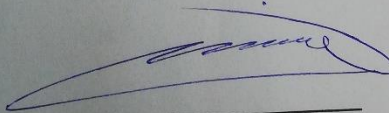
**INFORME**

CERTIFICADO:

Certifico que la ingeniera VALERIA CABEZAS GOMEZ con cédula de identidad N° 0502970643 ha recibido asesoramiento en la parte técnica, como Médico Radiólogo, de mi persona, para el desarrollo de su proyecto de titulación de maestría titulado "RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE IMÁGENES MÉDICAS PARA ESTABLECER DIAGNÓSTICOS PREVIOS EN TRASTORNOS PULMONARES".

Una vez revisado el programa tiene ventajas y desventajas que pueden ser utilizadas como una herramienta en el diagnóstico de ciertas patologías pulmonares.

Atentamente,



**DR. LUIS FELIPE ULLOA**

Dr. Luis Felipe Ulloa  
MÉDICO RADIOLOGO  
Libro 1 "U" Folio 15 N° 42

Dirección: Gral. Proaño N° 40-30 y Hnos. Pazmiño • Teléfonos: const.: 03 2803-012 dom.: 03 2811-874 Cel.: 0999849023 - 0998574656  
email: luisfeulloa@gmail.com  
Latacunga - Ecuador