UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE SEGMENTACIÓN APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES DE TRATAMIENTO ODONTOLÓGICO A PARTIR DE IMÁGENES DIGITALES.

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

AUTOR(ES):
Fernando Enrique Coral Morán,
Alex Leonel Macías Ávila.

TUTOR:
Ing. Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez, M.Gs.

GUAYAQUIL – ECUADOR
2017

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA TÉCNICA DE SEGMENTACIÓN APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES DE TRATAMIENTO ODONTOLÓGICO A PARTIR DE IMÁGENES DIGITALES."	
AUTOR/ES: Fernando Enrique Coral Morán Alex Leonel Macías Ávila	**REVISORES:** Ing. Johana Trejo Alarcón, M.Gs.
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	**FACULTAD:** Ciencias Matemáticas y Físicas
CARRERA: Ingeniería en Sistemas Computacionales	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	**N° DE PÁGS:** 197
ÁREA TEMÁTICA: Metodología Diagnóstica y Terapéutica, Biológicas, Bioquímicas y Moleculares	
PALABRAS CLAVES: Técnicas de segmentación, procesamiento de imágenes, matlab, análisis de imágenes digitales.	
RESUMEN: En la presente tesis se analizaron imágenes digitales de piezas dentales haciendo uso de técnicas de segmentación de imágenes. El procesamiento digital de imágenes tiene ciertas técnicas que permite mejorar la calidad de las imágenes o facilitar la identificación de patrones que se encuentran presentes en las mismas. Se ha elaborado un clasificador de imágenes haciendo uso de la investigación científica que nos permita obtener resultados mediante el uso de la herramienta Matlab someter las imágenes aplicando las diferentes técnicas de segmentación utilizadas durante la investigación como los son: Transformada de watershed, transformada de k-means, transformada de sobel, transformada de canny y la transformada de Top - Hat y posteriormente realizar el análisis de los resultados obtenidos.	
N° DE REGISTRO:	**N° DE CLASIFICACIÓN:**
ADJUNTO PDF	**SÍ** [X] **NO** [ ]
CONTACTO CON AUTOR:	**Teléfono:** 0980527522 0991412306 **E-mail:** fernando.coralm@ug.edu.ec alex.maciasa@ug.edu.ec
CONTACTO DE LA INSTITUCIÓN Carrera Ingeniería en Sistemas Computacional	**Nombre:** Ab. Juan Chávez Atocha **Teléfono:** 2307729

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación, “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA TÉCNICA DE SEGMENTACIÓN APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES DE TRATAMIENTO ODONTOLÓGICO A PARTIR DE IMÁGENES DIGITALES.” elaborado por la Sr. Fernando Enrique Coral Morán y el Sr. Alex Leonel Macías Ávila, **Alumnos no titulados** de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Sistemas, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la Apruebo en todas sus partes.

Atentamente

_____

Ing. Alfonso Guijarro Rodríguez, M.Gs.

TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a mis padres y hermano, quienes han estado día a día acompañándome, guiándome y dándome ánimos a seguir delante de forma incondicional. A mis demás familiares, que siempre han estado brindándome ánimos para no rendirme. A mis compañeros de salón, que con el tiempo formaron parte de mi círculo de amigos y vivimos esta experiencia.

Fernando Enrique Coral Morán

El presente proyecto se lo dedico a mis padres, la Sra. Nuris Ávila Pilay y al Sr. Pedro Macías Molina por haberme brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera estudiantil, a mis hermanos Luis, Katherine y Kenia Macías Ávila y a mi Sra. Esposa Adriana Cedeño Bravo y mi adorada hija Daylen Macías Cedeño quienes estuvieron de principio a fin motivándome para alcanzar cada una de las metas propuestas. También le dedico este logro a mis amigos y compañeros con los que compartí aulas y me compartieron sus conocimientos.

Alex Leonel Macías Ávila

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme guiado y darme la salud necesaria para seguir adelante en la vida y así cumplir mis objetivos. A mis padres y hermano, por ser el pilar fundamental gracias a sus consejos y ánimos brindados. A mis familiares, que siempre estuvieron al tanto de mi formación académica a lo largo de vida. A mis amigos, con quienes entre risas y sacrificios hemos llegado a cumplir esta meta propuesta. Y a mí tutor Ing. Alfonso Guijarro Rodríguez, por brindarme su sabio conocimiento y paciencia durante el desarrollo de este proyecto.

Fernando Enrique Coral Morán

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme brindado salud y poder alcanzar una de mis más anheladas metas, a mis padres por inculcarme buenos valores y darme sus sabios consejos, a mi esposa por acompañarme en cada momento de esta etapa. A mis familiares por el apoyo incondicional y formaron parte de esta experiencia. A mi tutor Ing. Alfonso Guijarro Rodríguez que gracias a sus sabios conocimientos y consejos nos pudo guiar de la mejor manera. Y a mis amigos con los que compartí gratos momentos y experiencias.

Alex Leonel Macías Ávila

TRIBUNAL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, M.Sc
DECANO DE LA FACULTAD
CIENCIAS MATEMATICAS Y
FISICAS

Ing. Abel Alarcón Salvatierra, M.Gs.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERIA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES

Ing. Johana Trejo Alarcón, M.Gs.
PROFESOR REVISOR DEL
ÁREA TRIBUNAL

Ing. Alfonso Guijarro Rodríguez, MG.s.
PROFESOR TUTOR DEL PROYECTO
DE TITULACION

Ab. Juan Chávez Atocha, Esp.
SECRETARIO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL"

_____

Fernando Enrique Coral Morán

_____

Alex Leonel Macías Ávila

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE SEGMENTACIÓN APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES DE TRATAMIENTO ODONTOLÓGICO A PARTIR DE IMÁGENES DIGITALES.

Proyecto de Titulación que se presenta como requisito para optar por el título de

INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Autores: Fernando Enrique Coral Morán

C.I. 0950213728

Alex Leonel Macías Ávila

C.I. 0929259679

Tutor: Ing. Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez, M.Gs.

Guayaquil, 14 de diciembre del 2017

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del proyecto de titulación, nombrado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

CERTIFICO:

Que he analizado el Proyecto de Titulación presentado por los estudiantes **FERNANDO ENRIQUE CORAL MORÁN** y **ALEX LEONEL MACÍAS ÁVILA**, como requisito previo para optar por el título de Ingeniero en Sistemas Computacionales cuyo problema es:

Siendo en la parte inicial de la preparación de los estudiantes de Odontología que al estar en el desarrollo profesional a simple vista se les puede complicar identificar problemas o enfermedades que se presente en la cavidad bucal, dando así como resultado no saber que posible acción tomar referente a lo que visualiza. A esto se le suma la falta de conocimiento sobre sistemas tecnológicos que ayuden a la toma de decisiones en el campo de la medicina, los cuales son aquellos que le pueden decir que acción tomar al problema enfrentado. En la actualidad existen sistemas que ayudan a la toma de decisiones dentro de la medicina y la rama de odontología no es la excepción

Considero aprobado el trabajo en su totalidad.

Presentado por:

Fernando Enrique Coral Morán 0950213728

Alex Leonel Macías Ávila 0929259679

Tutor: Ing. Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez, M.Gs.

Guayaquil, 14 de diciembre del 2017

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Autorización para Publicación de Proyecto de Titulación en Formato Digital

1. Identificación del Proyecto de Titulación

Nombre Alumno: Coral Morán Fernando Enrique	
Dirección: Rosendo Avilés Nº 4428 y Calle 32va.	
Teléfono: 0980527522	**E-mail:** fernando.coralm@ug.edu.ec

Nombre Alumno: Macías Ávila Alex Leonel	
Dirección: Km 16 ½ via a Daule Coop. San Francisco Mz. 708 Sl. 1.1	
Teléfono: 0991412306	**E-mail:** alex.maciasa@ug.edu.ec

Facultad: Ciencias Matemáticas Y Físicas
Carrera: Ingeniería En Sistemas Computacionales
Proyecto de titulación al que opta: Ingeniero En Sistemas Computacionales
Profesor tutor: Ing. Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez, M.Gs.

Título del Proyecto de titulación: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales.

Tema del Proyecto de Titulación: Técnicas de segmentación, procesamiento digital de imágenes, matlab, análisis de imágenes digitales

2. Autorización de Publicación de Versión Electrónica del Proyecto de Titulación

A través de este medio autorizo a la Biblioteca de la Universidad de Guayaquil y a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas a publicar la versión electrónica de este Proyecto de titulación.

Publicación electrónica:

Inmediata	X	Después de 1 año	

Fernando Enrique Coral Morán

Alex Leonel Macías Ávila

3. Forma de envío:

El texto del proyecto de titulación debe ser enviado en formato Word, como archivo .Doc. O .RTF y .Puf para PC. Las imágenes que la acompañen pueden ser: .gif, .jpg o .TIFF.

DVDROM [ ] CDROM [X]

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR III
DEDICATORIA IV
AGRADECIMIENTO V
ÍNDICE GENERAL XI
ABREVIATURAS XIV
SIMBOLOGÍA XV
ÍNDICE DE CUADROS XVI
ÍNDICE DE GRÁFICOS XVII
Resumen XIX
Abstract XX
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA 5
Ubicación del Problema 5
Situación de Conflicto Nudos Críticos 6
Causas y Consecuencias del Problema 9
Delimitación del Problema 10
Formulación del Problema 10
Evaluación del Problema 10
Objetivo General 13
Objetivos Específicos 13
Alcances del Problema 14
Justificación e Importancia 15
Metodología 16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 20
Antecedentes del Estudio 20
Fundamentación Teórica 22
Fundamentación Legal 43
Pregunta Científica a Responder 48
Definiciones Conceptuales 49
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 52
Modalidad de la Investigación 52
Tipo De Investigación 67

Por el Alcance – Descriptivo 67
Población y Muestra 68
Población objetivo 68
Marco Muestral 68
Diseño del meta-análisis 69
Interpretación y análisis de los resultados 72
Información general del meta-análisis 73
Análisis de Datos 88
Técnica de Pre-Procesamiento de Imagen 89
Erosión Binaria 89
Dilatación Binaria 90
Filtro de la Media 91
Filtro De La Mediana 92
Filtro Gaussiano 94
Técnicas de Segmentación 95
Transformada WaterShed 95
Transformada de Top-Hat 96
Transformada de K-Means 97
Transformada Canny 99
Transformada Sobel 100
Extracción de Características 102
Segmentación Área Afectada 102
Cálculo Área de la Pieza Dental 109
Análisis Comparativo 110
Criterio de Toma de Decisión 112
Análisis de Factibilidad 116
Factibilidad Operacional 116
Factibilidad Técnica 117
Factibilidad Legal 118
Factibilidad Económica 120
CAPITULO IV: RESULTADOS 121
Identificación de carie y clasificación de la carie 121
CONCLUSIONES 130

RECOMENDACIONES 132
BIBLIOGRAFÍA 134
Anexos 138
Anexo 1. Cronograma de Actividades 138
Anexo 2. Diagrama de Gantt 140
Anexo 3. Carta de Consentimiento 141
Anexo 4. Meta-Análisis 142
Anexo 5. Base de Datos de Imágenes 159
Anexo 6. Clasificación de Caries por la ICDAS 164
Anexo 7. Línea del tiempo de técnicas de segmentación 167
Anexo 8. Características de la Cámara Nikon Coolpix L820 168
Anexo 9. Paper 172

ABREVIATURAS

UG	Universidad de Guayaquil
FCMF	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
COIP	Código Orgánico Integral Penal
FOE	Federación Odontológica Ecuatoriana
TW	Transformada de Watershed
TTH	Transformada Top - Hat
TKM	Transformada de K-Means
TC	Transformada de Canny
TS	Transformada de Sobel
ICDAS	Sistema Internacional para la Detección y Evaluación de Caries).
TIFF	Formato de archivo de imágenes con etiquetas
JPG	Grupo conjunto de expertos en fotografía
LCR	Líquido cefalorraquídeo

SIMBOLOGÍA

s	Desviación estándar
e	Error
E	Espacio muestral
E(*Y*)	Esperanza matemática de la v.a. y
s	Estimador de la desviación estándar
e	Exponencial

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N. 1 *Matriz de causas y consecuencias de enfermedades odontológicas* 9
Cuadro N. 2 *Delimitación del problema*.....10
Cuadro N. 3 *Enfermedades de la cavidad bucal* 28
Cuadro N. 4 *Variables* 69
Cuadro N. 5 *Palabras Claves* 70
Cuadro N. 6 *Tipo de Investigación*.....70
Cuadro N. 7 *Tipo de biblioteca*.....71
Cuadro N. 8 *Tipo de journal*.....71
Cuadro N. 9 *Tabla de frecuencia de la variable palabras claves*.....73
Cuadro N. 10 *Tabla de frecuencia de la variable tipo de investigación* 74
Cuadro N. 11 *Tabla de frecuencia de la variable tipo de biblioteca*.....75
Cuadro N. 12 *Tabla de frecuencia de la variable journal*.....76
Cuadro N. 13 *Tabla de frecuencia de la variable número de referencia*...77
Cuadro N. 14 *Tabla de análisis de la variable número de referencia* 78
Cuadro N. 15 *Tabla de frecuencia de la variable 6* 80
Cuadro N. 16 *Tabla de análisis de la variable 6*.....80
Cuadro N. 17 *Tabla de frecuencia de la variable 7* 82
Cuadro N. 18 *Tabla de análisis de la variable 7*.....83
Cuadro N. 19 Tabla de frecuencia de la variable 8 85
Cuadro N. 20 *Tabla de análisis de la variable 8*.....85
Cuadro N. 21 *Comparativo de las técnicas de segmentación* 110
Cuadro N. 22.*Cuadro de Clasificación de Caries Visuales según ICDAS (Resumido)* 112
Cuadro N. 23 *Cuadro de Porcentaje según los Grados de la ICDAS*.....113
Cuadro N. 24 *Detallado de grado de caries ICDAS* 114
Cuadro N. 25 *Matriz de tecnología a usarse*.....117
Cuadro N. 26 *Matriz de inversión en recurso humano* 120
Cuadro N. 27 *Matriz de inversión de hardware*.....120
Cuadro N. 28 *Matriz de inversión de software* 121
Cuadro N. 29 *Matriz de resumen de costos*.....121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N. 1 Carie en estado avanzado 24
Gráfico N. 2 Desarrollo de una carie 25
Gráfico N. 3 Evolución de la enfermedad periodontal 26
Gráfico N. 4 Descalcificación de las piezas dentales 28
Gráfico N. 5 Cámara Nikon Coolpix L820 33
Gráfico N. 6 Imagen de prueba 56
Gráfico N. 7 Ejemplo erosión binaria 57
Gráfico N. 8 Ejemplo dilatación binaria 58
Gráfico N. 9 Ejemplo filtro de la media 3x3 59
Gráfico N. 10 Ejemplo filtro de la mediana 60
Gráfico N. 11 Ejemplo filtro de gaussiano 61
Gráfico N. 12 Ejemplo transformada watershed 62
Gráfico N. 13 Ejemplo transformada top-hat 63
Gráfico N. 14 Ejemplo transformada k-means 65
Gráfico N. 15 Ejemplo transformada canny 66
Gráfico N. 16 Ejemplo transformada sobel 67
Gráfico N. 17 Diagrama de barras de la variable palabras claves 74
Gráfico N. 18 Diagrama de barras de la variable tipo de investigación 75
Gráfico N. 19 Diagrama de barras de la variable tipo de biblioteca 76
Gráfico N. 20 Diagrama de barras de la variable journal 77
Gráfico N. 21 Diagrama de barras de la variable tipo de investigación 79
Gráfico N. 22 Diagrama de barras de la variable 6 81
Gráfico N. 23 Diagrama de barras de la variable 7 84
Gráfico N. 24 Diagrama de barras de la variable 8 86
Gráfico N. 25 Primer molar del maxilar superior 88
Gráfico N. 26 Erosión Binaria 89
Gráfico N. 27 Dilatación binaria 90
Gráfico N. 28 Filtro de la Media 3x3 91
Gráfico N. 29 Filtro de la Media 9x9 91
Gráfico N. 30 Filtro de la Mediana 93
Gráfico N. 31 Filtro Gaussiano 94
Gráfico N. 32 Transformada de watershed 95
Gráfico N. 33 Transformada de Top-Hat 97
Gráfico N. 34 Transformada K-Means 98
Gráfico N. 35 Transformada Canny 100
Gráfico N. 36 Transformada Sobel 101
Gráfico N. 37 Imagen escala de grises 103
Gráfico N. 38 Imagen binaria con gradiente 104
Gráfico N. 39 Imagen dilatada con gradiente 105
Gráfico N. 40 Imagen binaria con huecos rellenados 106
Gráfico N. 41 Imagen con bordes limpios 107
Gráfico N. 42 Imagen regiones suavizadas 108
Gráfico N. 43 Imagen con bordes segmentados 109
Gráfico N. 44 Resultado de cálculo del área 110

Gráfico N. 45 Área afectada segmentada.....124
Gráfico N. 46 Resultado del cálculo del área de la pieza dental 124
Gráfico N. 47 Caso 2, segundo pre-molar izquierdo 125
Gráfico N. 48 Resultado del gráfico N. 36.....125
Gráfico N. 49 Caso 2, segundo pre-molar derecho.....126
Gráfico N. 50 Resultado del gráfico N. 38.....126
Gráfico N. 51 Caso 5, primer pre-molar izquierdo.....127
Gráfico N. 52 Resultado del gráfico N. 40.....127
Gráfico N. 53 Caso 2, primer pre-molar izquierdo.....128
Gráfico N. 54 Resultado del gráfico N. 34.....128

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE SEGMENTACIÓN APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES DE TRATAMIENTO ODONTOLÓGICO A PARTIR DE IMÁGENES DIGITALES.

Autores: Fernando Enrique Coral Morán,
Alex Leonel Macías Ávila.
Tutor: Ing. Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez., Mg.

Resumen

En la presente tesis se analizaron imágenes digitales de piezas dentales haciendo uso de técnicas de segmentación de imágenes. El procesamiento digital de imágenes tiene ciertas técnicas que permite mejorar la calidad de las imágenes o facilitar la identificación de patrones que se encuentran presentes en las mismas. Se ha elaborado un clasificador de imágenes haciendo uso de la investigación científica que nos permita obtener resultados mediante el uso de la herramienta Matlab someter las imágenes aplicando las diferentes técnicas de segmentación utilizadas durante la investigación como los son: Transformada de watershed, transformada de k-means, transformada de sobel, transformada de canny y la transformada de Top - Hat y posteriormente realizar el análisis de los resultados obtenidos. Se realizó un meta-análisis para así obtener información de las técnicas de segmentación, elaborar una línea de tiempo que refleje el uso de estas técnicas a través de los años y las metodologías que son aplicadas a las mismas. Para la investigación se accedió a diferentes bases de datos científicas y sitios web como lo son: Redalyc, IEEE, ScienceDirect, Elseiver y Scielo para la búsqueda de artículos o información referente al procesamiento digital de imágenes y del uso de las técnicas de segmentación utilizadas en la investigación.

Palabras claves: Técnicas de segmentación, procesamiento digital de imágenes, matlab, análisis de imágenes digitales.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

COMPARATIVE ANALYSIS OF SEGMENTATION TECHNIQUES APPLIED TO THE TAKING OF TREATMENT DECISIONS ODONTOLOGICAL FROM DIGITAL IMAGES.

Author: Fernando Enrique Coral Morán,
Alex Leonel Macías Ávila.
Tutor: Ing. Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez., Mg.

Abstract

In the present thesis there were analyzed digital images of dental pieces using technologies of segmentation of images. The digital processing of images has certain technologies that the quality of the images allows to improve or to facilitate the bosses' identification that they find present in the same ones. A classifier of images has been elaborated using the scientific investigation that allows us to obtain results by means of the use of the tool Matlab to submit the images applying the different technologies of segmentation used during the investigation like them they are: Transformed of watershed, transformed of k-means, transformed of sobel, transformed of canny and the transformed one of Top - Hat and later to realize the analysis of the obtained results. A meta-análisis was realized this way to obtain information of the technologies of segmentation, to elaborate a line of time that reflects the use of these technologies across the years and the methodologies that are applied to the same ones. For the investigation one acceded to different scientific databases and web sites like it they are: Redalyc, IEEE, ScienceDirect, Elseiver, and Scielo For the search of articles or information relating to the digital processing of images and of the use of the technologies of segmentation used in the investigation.

Key words: Technologies of segmentation, digital processing of images, matlab, analysis of digital images.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, se han detectado enfermedades crónicas que constituyen los principales problemas de salud pública, es claro que con el pasar del tiempo aparecen nuevas enfermedades. Entre los problemas que pueden causar este tipo de enfermedades tenemos: el consumo excesivo de tabaco, el alcohol y las dietas ricas en azúcares. Las enfermedades bucales están directamente relacionadas al estilo de vida que llevan las personas. Dicho esto, las enfermedades que se originan en la cavidad bucal se consideran uno de los principales problemas que existe en la salud pública, esto se debe al gran impacto que tiene a nivel mundial (González Sanz, Aurora, Nieto, & González Nieto, 2013), las estadísticas demuestran que las personas que viven en lugares geográficamente desfavorecidas o marginadas social y económicamente, son las más propensas a infectarse por una de estas enfermedades.

Las repercusiones en término de dolor y sufrimiento a menudo son más comunes en las personas que adquieren una enfermedad bucal, así como el efecto negativo que puede tener en la calidad de vida de dichas personas. Una de las barreras que impide el tratamiento de las enfermedades bucales es el extremado costo que se genera por un tratamiento bucal, en países en vía de desarrollo o subdesarrollado donde los ingresos salariales son bajos y medianos, se complica el tratamiento para curar o combatir este tipo de enfermedades. Según datos de la

Organización Mundial de la Salud las enfermedades que tienen origen en la cavidad bucal son la cuarta causa más costosa en relación al tratamiento que se debe seguir para combatirla.

Dentro de las enfermedades que afectan a la cavidad bucal existen dos enfermedades que son las más significativas, las cuales son: la caries dental y la enfermedad periodontal. Sin embargo, no son las únicas enfermedades que afectan a la cavidad bucal, existen otros tipos de enfermedades, dentro de estas tenemos a la enfermedad de la erupción de las piezas dentales más conocida como la fluorosis dental, también existe una enfermedad conocida como los trastornos del desarrollo, enfermedades de la pulpa y las lesiones en la mucosa dental que son a menudo una de las enfermedades más comunes que afectan a la población.

La odontología en su afán de resolver problemas asociados a la salud bucal, ha permitido el paso de otras áreas de la ciencia, como es el caso de la informática, la cual presenta metodología de procesamiento digital de imágenes como alternativa para la toma de decisiones en diagnósticos odontológicos.

Las técnicas de segmentación de imágenes han permitido caracterizar una serie de problemas en el ámbito de la medicina, tal es el caso del estudio de tejidos dentales, que tomaron como referencia la técnica de la desviación de la media combinado con redes neuronales no supervisadas

y redes bayesianas, este trabajo al igual que otros relacionados han permitido que se presente un estudio comparativo de las técnicas de segmentación de imágenes que permitan medir resultados y diagnósticos para seleccionar la mejor toma de decisión, entre las técnicas a comprobar se plantean las siguientes: transformada de Watershed, transformada de K-Means, transformada de Top–Hat, transformada de Sobel y transformada de Canny.

Es por ello que se procederá a realizar un estudio de las técnicas de segmentación de imágenes mediante el uso de la herramienta MATLAB para la toma de decisiones de tratamientos odontológicos. De tal manera la estructura de este proyecto investigativo y desarrollo cuenta con los capítulos detallados a continuación:

Capítulo I, en él se detalla la problemática que se encuentra en el ámbito de detección de problemas o enfermedades en la cavidad bucal y se redacta de manera puntual los objetivos planteados, de igual manera se describe las causas, las consecuencias y justificación por la cual se realiza el actual proyecto.

Capítulo II, está compuesto del marco teórico, donde se encuentra la propuesta. Se detallará en resumen las técnicas de segmentación de imágenes, problemas o enfermedades de la cavidad bucal, hardware y software que se usaran en el desarrollo del proyecto, terminado con la

hipótesis sugerida que conlleva a la propuesta y realización de la investigación.

Capítulo III, está compuesto de la metodología investigativa que está enfocada a la investigación y su respectiva descripción. En ella se detallará la población y muestra que será considerada para la recopilación de información.

Capítulo IV, se detalla las conclusiones obtenidas posteriores a la investigación y el resultado obtenido de las diferentes técnicas de segmentación de imágenes contractadas con la opinión de los expertos en el área odontológica, seguido de las recomendaciones para futuros trabajos que se podrán realizar a partir de la hipótesis planteada.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ubicación del Problema

La odontología siendo una rama de la medicina dedicada al estudio y tratamiento de enfermedades de la cavidad bucal y de los dientes, siendo en la mayoría de las veces un proceso manual al momento de identificar problemas de la cavidad bucal y los posibles tratamientos que se le pueda aplicar, en el caso de las caries si esta se encuentra en su etapa inicial lo que hace el odontólogo es realizar un empaste, previamente eliminando el tejido dental muerto; en el peor de los casos que esta caries alcance la pulpa dental, el odontólogo determinará con ayuda de una radiografía cuan profunda se encuentra la caries y se tomará la decisión de una pulpotomía o pulpectomia.

Dentro de la medicina existen indicadores que ayudan a determinar que tratamiento se puede aplicar, partiendo de un análisis visual como es: radiografía, tomografía, encefalograma, entre otros, las cuales ayudan a los especialistas a la toma correcta de decisiones. La labor que realiza el estudiante o profesional odontológico se torna a la larga cotidiano, debido a que la identificación de problemas o enfermedades que se presenten en la cavidad bucal es de manera visual y muchas veces es la misma sin importar el paciente que se está atendiendo para determinar el tratamiento que se realizará.

El problema planteado se presenta en la parte inicial de la preparación de los estudiantes de Odontología que al estar en el desarrollo profesional a simple vista se les puede complicar identificar problemas o enfermedades que se presente en la cavidad bucal, dando así, como resultado no saber que posible acción tomar referente a lo que visualiza. A esto se le suma la falta de conocimiento sobre sistemas tecnológicos que ayuden a la toma de decisiones en el campo de la medicina, los cuales son aquellos que le pueden decir que acción tomar al problema enfrentado. En la actualidad existen sistemas que ayudan a la toma de decisiones y dentro de la medicina en la rama de odontología no es la excepción.

Es por ello que en base a lo que se describe previamente, el actual documento abarca una investigación sobre las técnicas de segmentación enfocadas al análisis de imágenes digitales con la finalidad de interactuar con sistemas informático para la ayuda de toma de decisiones para tratamiento odontológico que se podrá realizar.

Situación de Conflicto Nudos Críticos

Un odontólogo con el afán de ayudar al cuidado y tratamiento de la cavidad bucal que a lo largo del tiempo este es un proceso manual, aunque en la actualidad la mayoría de procesos en el campo médico van de la mano con la tecnología y sobre todo se debe realizar inversión de este tipo en el campo de la odontología para automatizar procesos.

Dentro del campo médico lo primero que se realiza es una ficha de valoración médica, en el caso particular de la odontología una ficha médica consiste en identificar los problemas o enfermedades que se presentan en la cavidad bucal, al ser un paciente nuevo muchas veces se desconoce el tratamiento odontológico que se le ha realizado con anterioridad, dando posible problema en el tratamiento que se decida realizar.

Esta ficha médica, al ser realizada por un profesional a simple vista es difícil muchas veces que pase por desapercibido algún problema bucal; pero en el caso de un estudiante, se le complica la identificación de procesos iniciales de enfermedades en la cavidad bucal, estas pueden ser el inicio de un proceso carial, el cual se identifica por la pigmentación de color blanquecino o café claro, la profundidad de la carie, la cual conllevaría más allá de una limpieza del tejido muerto; a una perforación a nivel de cavidad coronal con afectación de la pulpa dando como resultado una pulpotomia o posible extracción total de la pulpa y del nervio dando como resultado una pulpectomia.

Por otro lado, se tiene la identificación de problemas dentales referentes a las encías, estas a simple vista siendo un proceso inicial como es el enrojecimiento de la misma se complica determinar si es una gingivitis en el caso leve, pero al ser una identificación de sarro alojado a nivel de la encía es más fácil porque va de la mano con la presencia de residuo de placa que se compone de residuos de comida.

Gracias a que en el área médica está inmersa la tecnología, es así que el campo de la odontología no puede estar sin la implementación del mismo, pero a su vez la desinformación de las posibles soluciones que ofrecen el área informática para ayudar a la toma de decisiones, es un gran problema al no hacer conciencia de la implementación e interacción con las herramientas informáticas que se ofertan. Por ello es conveniente realizar un desarrollo investigativo que defina las técnicas de segmentación de imágenes con ayuda de MATLAB a la toma de decisiones de tratamientos odontológicos y dando como resultado la integración de una solución tecnológica en el campo odontológico.

Causas y Consecuencias del Problema

Cuadro N. 1
Matriz de causas y consecuencias de enfermedades odontológicas

CAUSAS	CONSECUENCIAS
El excesivo consumo de azúcares	Presencia de caries
Traumatismo que pueda recibir los dientes	Generación de caries por afectación en el nervio del diente
Rechinar los dientes o masticar cosas duras	Erosión de los dientes
Carencia de una higiene bucal	Genera placa bacteriana, caries, descalcificación o manchas en las piezas dentales
Excesivo uso de pasta dental	Genera desgaste en la pieza dental
Consumo de té, gaseosas con alto grado de coloración, vino, chocolate o tabaquismo	Presencia de pigmentación o manchas en las piezas dentales
Carencia de una dieta rica en calcio o vitamina D	Resultado, la descalsificación de los dientes u odontocia
Consumo de zumo de frutas cítricas o alimentos muy ácidos	Ayuda a la debilitación de los dientes
Retiro de brackets	Pigmentación o manchas en las piezas dentales

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Delimitación del Problema

Cuadro N. 2
Delimitación del problema

Factor	Detalle
Campo	Análisis Comparativo
Área	Desarrollo
Aspectos	Operativo, tecnológico
Tema	Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales.

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Formulación del Problema

¿Cómo influye el análisis comparativo de las técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales?

Evaluación del Problema

Se presentarán las características que posee la problemática planteada:

Delimitado:

Es delimitado puesto que principalmente se encuentra dirigido a la identificación de enfermedades de la cavidad bucal para estudiantes o profesionales de la rama odontológica.

Factible:

Lo solución propuesta para esta problemática en sus inicios será factible por motivo que empezará con el análisis y comparación de técnicas de

segmentación de imágenes, dando como resultado la elección más factible de una técnica para ayudar a la decisión del estudiante o profesional odontológico, a lo largo del tiempo esta técnica servirá de ayuda para identificar otros problemas patológicos del cuerpo humano enfocados a otras áreas de la medicina.

Claro:

En concordancia de los aspectos propuestos se puede evidenciar la claridad de la problemática planteada.

a) Con los avances tecnológicos que nos encontramos actualmente, es de carácter social poder involucrar a los estudiantes y profesionales de la odontología para trabajar en conjunto con la tecnología y la toma de decisiones que esta puede ofrecer.
b) Al implementar esta solución destinada para el análisis de imágenes digitales para la toma de decisiones de tratamientos odontológicos con ayuda de técnicas de segmentación y de la tecnología, se involucrará a los estudiantes y profesionales odontológicos a participar de manera concurrente con la innovación tecnológica.

Relevante:

El proyecto tendrá un aporte significativo para los estudiantes y profesionales de la odontología con la ayuda de toma de decisiones frente al problema que se pueda visualizar en la imagen digital de la cavidad bucal, específicamente dirigido a las piezas dentales con la finalidad de

hacer un diagnóstico de una manera más rápida y con la ayuda de la tecnología poder hacerlo eficientemente.

Concreto:

Se trata de un tema puntual y siendo una solución destinada a estudiantes y profesionales del área de la salud con la integración de recursos tecnológicos.

Original:

El análisis comparativo de las técnicas de segmentación de imágenes, es un estudio de dichas técnicas para llegar a determinar cuál es la más eficiente y se acerca a la decisión que tomaría un profesional de la odontología, siendo algo muy novedoso porque implementará soluciones tecnológicas en el campo de la salud.

Contextual:

Los estudiantes y profesionales de la odontología siguen un modelo estratégico dentro del contexto educativo impartido durante sus estudios universitarios sobre la identificación de problemas de la salud bucal y al llegar a usar esta solución se verán involucrados con el área de la tecnología e informática.

Evidente:

Esta propuesta es originaria de técnicas de análisis de imágenes realizadas en otros campos del ámbito humano; siendo esta vez extrapolada al área de la salud bucal y enfocada a la ayuda de toma de decisiones de tratamiento odontológico.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un estudio comparativo de las técnicas de segmentación de imágenes mediante el uso de la herramienta MATLAB para la toma de decisiones de tratamiento odontológico en piezas dentales.

Objetivos Específicos

- Identificar los problemas o enfermedades dentales que se pueden visualizar a partir de imágenes digitales de piezas dentales para realizar las pruebas con las técnicas de segmentación de imágenes.
- Desarrollar una base de datos de imágenes digitales de piezas dentales para someterlas al análisis de segmentación de imágenes.
- Describir las diferentes técnicas de segmentación de imágenes para representarlas en MATLAB.
- Comparar las técnicas de segmentación de imágenes representadas en MATLAB para determinar cuál es la técnica más óptima para la identificación de enfermedades dentales.

Alcances del Problema

Al ser un estudio enfocado a temas odontológicos este es de carácter investigativo, el cual se enfoca en recabar información sobre problemas o enfermedades que involucre la zona de la cavidad bucal, dentro de la investigación se realizará el estudio a las piezas dentales con problemas de caries. Las cuales pueden ser observadas a simple vista con la finalidad de poder realizar una toma fotográfica para obtener las imágenes digitales que serán sometidas a las pruebas de las técnicas de segmentación de imágenes.

Una vez identificadas las enfermedades de la cavidad bucal, se enfocará a la creación de una base de datos de imágenes digitales, principalmente de piezas dentales como son estas: dientes o molares. Las cuáles serán tomadas con la cámara fotográfica NIKON COOLPIX L820, siendo almacenadas en una tarjeta de memoria para que posteriormente sean enviadas al computador, clasificarlas por edades y tipo de pieza dental que corresponde, con la finalidad de tener una base de datos de la cual servirá para la ayuda del análisis de las técnicas de segmentación de imágenes.

Con la información recogida sobre las enfermedades de la cavidad bucal y la creación de la base de datos referente a las imágenes de piezas dentales se realizará la investigación de las técnicas de segmentación de imágenes como son: transformada de Watershed, transformada de K-Means, transformada de Top–Hat, transformada de Sobel y transformada de Canny. Posteriormente, se analizará y representará cada una de ellas con

MATLAB para así poder determinar la codificación referente a la programación de cada una de las técnicas.

Como parte fundamental es tener la programación referente a cada una de las técnicas de segmentación de imagen en MATLAB para así poder realizar las pruebas que corresponde a una muestra de imágenes del total de la población que se encuentra en la base de datos, dando como resultado y permitiendo una predicción de la solución que daría como si fuera un experto. Por cada una de las técnicas de segmentación de imágenes; en primer lugar, se comparará los resultados entre ellas y así posteriormente contra la opinión de un experto en el campo odontológico, con la finalidad de analizar y determinar la técnica más acertada a la realidad de lo que diría un experto sobre la identificación de problemas o enfermedades que se presentan en la cavidad bucal.

Justificación e Importancia

El actual proyecto a más de una ayuda a la toma de decisiones, se enfoca a la interacción y utilización de tecnología en el campo odontológico, como puede ser un sistema informático que, aplicando técnicas para el análisis de imágenes digitales, con la finalidad de identificar el tratamiento odontológico que se puede aplicar en la pieza dental que se encuentra en la imagen.

A partir de la aplicación de las técnicas de segmentación de imágenes como transformada de Watershed, transformada de K-Means,

transformada de Top–Hat, transformada de Sobel y transformada de Canny, se espera ayudar en la toma de decisión para un diagnóstico odontológico en los casos de presentación inicial de caries. Por otra parte, el representar métodos y técnicas de procesamiento de imágenes sobre herramientas como MATLAB permiten acercar la predicción de solución como si fuera un experto, dejando clasificada la técnica más acertada. Finalmente, la metodología aplicada para cada una de las técnicas de segmentación se basa en las etapas de captura de las imágenes, suavizado de imágenes, segmentación de imágenes y extracción de descriptores de textura y color.

Metodología

En el actual proyecto se utiliza un grupo de metodología, en tal caso como es el método científico destinado para la recolección de información de las técnicas de segmentación como son: transformada de Watershed, transformada de K-Means, transformada de Top–Hat, transformada de Sobel y transformada de Canny, para desarrollar el análisis de las imágenes digitales partiendo de la metodología de captura, suavizado, segmentación y extracción de descriptores.

Método científico, el cual ha cambiado a lo largo del tiempo, siendo un método que utiliza una medida para analizar los resultados obtenidos, a partir de hallazgos demostrativos basados en la razón y la lógica, con el procedimiento de observar, predecir y probar la hipótesis planteada (Álvarez Cáceres, 1996).

En relación a lo mencionado, se va a detallar a continuación las fases principales de la metodología referente al análisis y tratamiento de imágenes las cuales son cuatro:

1. Captura de imágenes: las capturas de las imágenes fueron obtenidas a través de la cámara Nikon Coolpix L820 y fueron facilitadas por parte de la Dra. Andrea Coral, en el anexo N.3 se puede apreciar la carta de consentimiento firmada por la experta en el área para hacer uso de las imágenes en la investigación.
2. Suavizado o filtrado: destinado para obtener a partir de la imagen original una nueva imagen cuyo resultado sea apropiado para la aplicación de las demás técnicas.
3. Segmentación de imágenes: es utilizado para dividir la imagen en bloques homogéneos partiendo de su contorno, conectividad y conjunto de características entre pixeles para discriminar una región de otra, dando como resultado una imagen binaria.
4. Extracción de descriptores: usado en la obtención de tres características las cuales son: descriptor de colores de los pixeles, características de color extraída de histograma y descriptores de texturas para posteriormente realizar una clasificación de caries.

Técnicas de Segmentación: siendo el primer paso para un proceso de análisis de imágenes, mediante estas técnicas el objetivo es dividir la imagen en partes u objetos del cual la forman. Dependiendo del nivel de la

división va a ser determinada por la técnica que se aplicará a la imagen (Mart, 2004).

Transformada Watershed: siendo una herramienta para procesamiento morfológico que permite la segmentación de imágenes teniendo la ventaja de adaptación a diferentes tipos de imágenes, capaz de distinguir objetos dentro de la imagen (Gonzalez Betancourt, A; Roduíguez Ribalta, P; & Orozco Morales, 2017).

Transformada de K-means, es uno de los algoritmos de aprendizajes para resolver el problema de clusterización no supervisado más simple. El procedimiento del algoritmo aproxima por etapas sucesivas un determinado número de clusters haciendo uso de los centroides de los puntos que se deben representar.

Transformada de Top-Hat, es una de las técnicas de la morfología matemática la cual ayuda a extraer las zonas brillantes y estrechas que se presentan en imágenes en escala de grises. Las mencionadas zonas son las áreas que desaparecen después de realizar una operación de apertura.

Transformada Canny, es uno de los algoritmos más utilizados en la detección de bordes de imágenes, y tiene como característica principal evitar la ruptura de los bordes detectados de los objetos (Riveros Guevara Adriana; Salas López Cindy; & Leonardo; 2013).

Transformada Sobel, este permite calcular el gradiente de la intensidad de la imagen en cada punto de la misma (pixel). Así, para cada pixel o punto

este operador da como resultado la magnitud del mayor cambio posible, el sentido que va desde oscuro a claro y la dirección de éste.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Antecedentes del Estudio

En la Universidad de Málaga – España, se diseñó un sistema computacional que permite la clasificación de tejidos dentarios a través de la obtención de imágenes digitales, teniendo el propósito de evaluar de una manera precisa el estado de salud dental de una persona. De acuerdo al propósito los tejidos dentarios han sido detectados, segmentados y finalmente clasificados en imágenes digitales de piezas dentales vitales. Para realizar la segmentación de regiones en las imágenes obtenidas de los tejidos se ha implementado un procedimiento computacional que permite el tratamiento de imágenes digitales mediante el algoritmo de desviación de la media; siguiendo con el procesamiento de las imágenes digitales se extrajo un conjunto de parámetros característicos de cada una de las regiones, el sistema fue alimentado con imágenes con las cuales no se realizó un estudio o clasificación previa. Los resultados obtenidos del trabajo nos indican que las técnicas de visión a través de un computador y con la ayuda de la inteligencia artificial vuelven más efectivo y preciso el proceso de identificación y clasificación de los tejidos dentarios (Marín, 2015).

En el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba, se realizó una investigación que propone discutir un método para la descripción geométrica de los huesos del pie a partir de una secuencia de imágenes (cortes), las cuales son creadas a partir de tomografía

computarizada (TC). Dentro de la investigación se propone la combinación de dos técnicas de segmentación como lo son la umbralización global y la adaptiva, las cuales ayudarán a la determinación del dominio geométrico de los huesos de cada corte, así como el análisis de las relaciones espaciales entre contornos en planos consecutivos a fin de obtener las isosuperficies de los huesos. Se propone un algoritmo semiautomático basado en 4 etapas: la lectura de los cortes de imágenes de TC; la determinación de los contornos que definen el tejido óseo presentes en cada corte; la formación de los volúmenes a través del agrupamiento de los contornos cuya relación espacial cumple un criterio determinado; y la eliminación de las isosuperficies no válidas (Ortega et al., 2015).

En el centro de estudio de electrónica y tecnologías de la información de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas en Cuba, se realizó una investigación referente a la utilización de la transformada de Radon para determinar marcadores de eritrocitos en imágenes de microscopía celular de glóbulos rojos con fines de segmentación watershed. Para ello, la búsqueda de marcadores se realiza basada en la propiedad de la transformada Radon de detectar parámetros de forma y su comportamiento ante estructuras circulares. Partiendo de una imagen de microscopía óptica de campo claro con extendido de sangre, se determina una imagen gradiente. A la imagen gradiente se le aplica la transformada Radon directa, para después filtrar cada una de las proyecciones del sinograma con un filtro adaptado. Con la transformada Radon reversa se obtiene una imagen

con picos en los eritrocitos. Con un umbral automático se obtiene una imagen marcadora que determina la posición de los eritrocitos (Gonzalez Betancourt, A; Roduíguez Ribalta, P & Orozco Morales, 2016).

En la ciudad de Bucaramanga – Colombia, universidad de Santo Tomás se realizó una investigación la cual presenta como objetivo describir un método de segmentación semiautomático para el estudio de la dinámica del LCR (Líquido cefalorraquídeo) perimedular. El proceso se inicializa con un punto semilla dentro de la región a analizar. El algoritmo crea un mapa de correlación, calcula un valor de umbral y clasifica píxeles de LCR, combinando diversas características temporales del comportamiento del flujo como atributos de entrada a un algoritmo k-means. Un observador llevó a cabo diez veces la segmentación en cinco sujetos sanos y se calculó el volumen por ciclo y el área en el espacio perimedular C2C3. Las variaciones de las medidas fueron evaluadas como una estimación de la reproducibilidad del método. Para esto se calculó el coeficiente de variación. La variabilidad de las medidas fue menor del 5%. El método facilita la cuantificación del LCR perimedular. En 16 sujetos sanos se cuantificó el volumen por ciclo de LCR y el área en el espacio C2C3 (Ruiz Rivera, María; Yarasca Carranza, Juan & Ruiz Lizama, Edgar 2013).

Fundamentación Teórica

Cavidad Bucal

Se la puede definir como el origen del sistema digestivo, es denominada habitualmente como boca o también conocida como cavidad oral, tiene funciones principales tales como la digestión, la incorporación de alimentos, absorción y la eliminación de los desechos.

La cavidad bucal está compuesta por seis paredes que contienen a los dientes, la lengua y el sentido del gusto. Y se puede decir que es el origen o punto de partida del sistema digestivo, la tarea realizada por los dientes denominada masticación es fundamental para el resultado de una buena digestión. Dentro de la cavidad bucal también se puede observar a la saliva que es segregada mediante las glándulas salivales mayores y menores, la cual cumple un papel importante en integridad de los tejidos bucales duros y blandos, el control de las infecciones bucales y el procesamiento de los alimentos para la formación y deglución del bolo alimenticio. La cavidad bucal puede sufrir diferentes números de patologías, entre las más comunes se encuentran la caries dental y la gingivitis que no es otra cosa que la inflamación de las encías.

Enfermadas de la cavidad bucal

Caries

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido la caries dental como un proceso localizado de origen multifactorial que se inicia después de la erupción dentaria, determinando el reblandecimiento del tejido duro del diente y que evoluciona hasta la formación de una cavidad. En la actualidad se conoce que la caries es una enfermedad infecciosa, capaz de ser transmisible, es producida por la cantidad de bacterias específicas que se alojan en la cavidad bucal. La combinación de estos factores es la que favorece a la acidificación de la boca, por lo cual se produce la degradación de los hidratos de carbono de la dieta, y acto seguido se produce la destrucción de manera progresiva del material mineralizado y proteico que cubre a la pieza dental. Si este proceso no es tratado a tiempo mediante un tipo de terapia específica, puede ocasionar la perdida completa de la corona dentaria (Palomer, 2006).

Gráfico N. 1 Carie en estado avanzado
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Copyright 2015 por Marín.

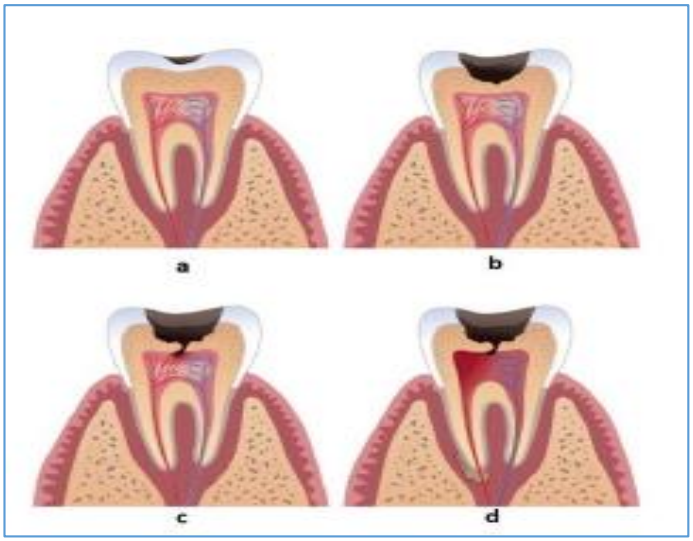


Gráfico N. 2 Desarrollo de una carie
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Copyright 2015 por Marín.

Gingivitis

Es también conocida como una enfermedad periodontal, se la define como la inflamación de las encías y tiene una característica principal que es la coloración (generalmente es de un color rosa pálido a un rojo brillante), se presenta edemas el sangrado en la parte afectada por la enfermedad. La gingivitis es causada por la acumulación de la placa dental a lo largo del margen gingival y la respuesta inflamatoria del sistema inmune a la presencia de productos bacterianos. La higiene bucal es reversible para controlar enfermedades periodontales, de lo contrario, estas enfermedades pueden llegar a ser severas y causar inflamaciones e infecciones crónicas. La inflamación gingival puede persistir por meses y hasta años sin progresar a periodontitis (Marín, 2015).

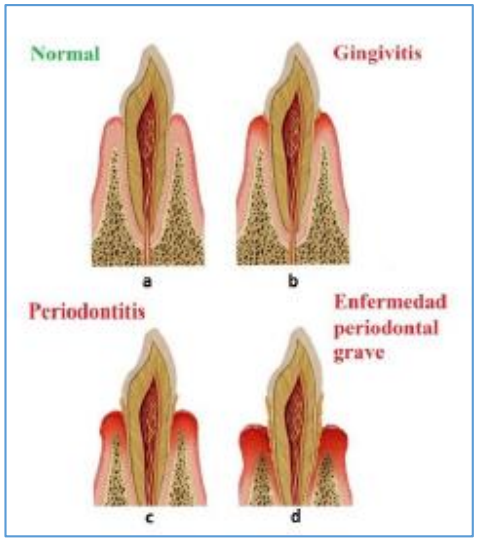


Gráfico N. 3 Evolución de la enfermedad periodontal
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Copyright 2015 por Marín.

Descalcificación

La descalcificación en los dientes se la puede definir como la disminución de la cantidad de calcio que existe dentro del organismo y que se caracteriza por la rápida debilitación de los tejidos duros que se encuentran en el cuerpo humano. La descalcificación es un inconveniente muy peligroso que en el ámbito odontológico se la conoce con el nombre de odontocia, la cual puede reducir la actividad nerviosa y neuromuscular, así como también afecta a las funciones musculares.

Esta enfermedad se caracteriza principalmente por el ablandamiento de las piezas dentales, que con el pasar del tiempo se vuelve cada vez más notorio, esto se debe a la pérdida de calcio, lo cual ayuda a que aparezcan caries. Dentro de las primeras etapas aparece en las piezas dentales un área pigmentada que se presenta de color amarillento o marrón, que en

cualquiera de los dos casos que se presenten está bien demarcada. En otro de los casos cuando la mancha que se presenta en la pieza dental es de color blanco yeso esta se va convirtiendo poco a poco en una cubierta dental rugosa, esto se debe a la descalcificación superficial que se presenta en el esmalte de los dientes.

Cuando se presente un problema de descalcificación en los dientes, existe un tratamiento que es considerado el mejor como lo es la Vitamina D, la cual tiene como principal función ayudar al cuerpo a absorber de mejor manera el calcio, si el cuerpo es lo suficientemente capaz de absorber el suficiente calcio se podrá prevenir la descalcificación. Otra manera que ayuda a fortalecer las piezas dentales es una dieta rica en calcio. Como se puede observar existen maneras de lograr un fortalecimiento de los dientes sin la necesidad de ser tratado con equipos especializados, pero cuando se presente este tipo de problema como lo es la descalcificación la mejor opción es que el odontólogo y el paciente trabajen en conjunto para prevenir la misma (Bezzia, 2017).

Gráfico N. 4 Descalcificación de las piezas dentales
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Copyright 2015 por Marín.

A continuación, luego de describir estas afectaciones que se pueden encontrar en la cavidad bucal, teniendo presente la apreciación visual de las mismas se le puede aplicar técnicas de análisis de imágenes como se muestra en el cuadro N. 3.

Cuadro N. 3
Enfermedades de la cavidad bucal

Enfermedad	Técnica de análisis de imágenes
Caries	Segmentación de imágenes
Gingivitis	Segmentación de imágenes, análisis de tejido
Descalcificación	Segmentación de imágenes, análisis de tejido, análisis textura.

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Tratamiento

Limpieza dental profesional

La limpieza dental o también denominada profilaxis dental es un tratamiento que cumple una función importante preventiva dentro de la higiene bucal, ayuda a la prevención de varias enfermedades que se presentan en la cavidad bucal. La limpieza dental es el procedimiento más demandado en el ámbito de la odontología.

Consiste en quitar el sarro y manchas presentes en las piezas dentales o que se encuentran en las encías, esto solo puede ser efectuado por un profesional acreditado, como lo es un dentista o higienista dental, el procedimiento tiene una duración entre 30 y 40 minutos. Cabe recalcar que es importante acudir a las manos de un experto, ya que, si la limpieza es efectuada de una manera errónea puede acarrear serios problemas de salud bucodental. A este procedimiento se puede someter cualquier persona, siempre y cuando el paciente no presente algún tipo de enfermedad grave dentro de la cavidad bucal.

Ventajas de la limpieza dental

Este procedimiento ayuda a la eliminación de la placa dentobacteriana y también las machas superficiales que se presentan en las piezas dentales siendo así, una limpieza dental ayuda a que la boca presente un excelente estado, ayudando a reducir la inflamación que se presenta en las encías dando como resultado reforzar el esmalte de las piezas dentales y la protección de las mismas, dejando así una boca limpia y sana.

Pulpotomía

La pulpotomía es una acción quirúrgica preventiva que tiende a mantener la vitalidad pulpar, que puede y debe ser ejecutada por el odontólogo de práctica general. Los resultados son verdaderamente alentadores, indudablemente que ciertos factores, deben ser tomados en consideración para obtener el éxito deseado, entre estos sobresalen: la edad biológica de la pulpa, el tiempo de contaminación del paquete vasculo nervioso en la cavidad bucal y el estado inflamatorio del tejido pulpar (Cordova Carranza, Luis; Barzola Loayza, Mary & Gómez Carrión, 2014).

Hay dos tipos de pulpotomía:

- Vital o del Hidróxido de Calcio, que está indicada en piezas temporales y permanentes jóvenes.
- Terapéutica o del Formocresol (momificación pulpar) exclusivamente para dientes temporales.

Pulpotomía Vital: Es la remoción quirúrgica de la pulpa cameral bajo anestesia local, que respeta la vitalidad de los filetes radioculares y los trata luego con fármacos que, al protegerlos y estimularlos cicatrizan la herida y provocan la formación de un puente de dentina secundaria.

Pulpotomía Terapéutica: Consiste en la eliminación de la pulpa coronaria previamente desvitalizada, y seguida por la momificación de los filetes remanentes por medio de medicamentos que los transforman en tejido muerto, pero estéril.

El éxito de una pulpotomía depende de diversos factores, se puede afirmar que la reacción individual es más importante que el medicamento o la técnica empleada, ya que hay casos en los que usando la misma técnica y medicamento se obtienen diferentes resultados. De aquí que deben considerarse por aparte las diversas variantes que puedan alterar dichos resultados (Fernández, 2008).

Pulpectomía

La pulpectomía es la técnica mediante la cual se remueve el tejido pulpar de un diente con el propósito de reducir la población bacteriana en la pulpa contaminada, y así obtener un conducto limpio y saneado. Las raíces de los molares temporales son frágiles y divergentes, poseen conductos accesorios en la región de la furca, que parten del suelo de la cavidad pulpar, la instrumentación de estas resulta más difícil que la de los molares definitivos. Antes de realizar una pulpectomía, hay que evaluar cada caso teniendo en cuenta variables: la edad del paciente, grado de cooperación, el diente implicado y el estado de reabsorción, ya que un proceso reabsorbido causado por una infección puede progresar rápidamente y en meses producir la destrucción completa de la raíz (Cordova Carranza, Luis; Barzola Loayza, Mary & Gómez Carrión, 2014).

Hardware

Cámara Nikon Coolpix L820

Según la página oficial de Nikon define a la cámara Coolpix L820 como una potente cámara digital que tiene un aspecto clásico y es ingeniosa con las imágenes capturadas, de manera que el usuario no necesita editar una fotografía, con sus potentes 16 megapíxeles y el increíble zoom de 30 aumentos. Gracias a estas características se puede tomar cualquier imagen, en el lugar que prefiera el usuario, también posee un sensor de imagen CMOS retroiluminado que posee 16 megapíxeles el cual permite capturar imágenes detalladas excepcionales, e incluso cuando exista escases de luz (Nikon, 2017)**.**

Posee una pantalla LCD con una dimensión de 7.5 cm (3.0 pulgadas) que muestra las imágenes capturadas con una claridad estupenda, ya sea en el día o en la noche y también tiene la opción de filmar una acción en alta definición (FULL HD) con solo pulsar un botón. Cuando la cámara se encuentra en el Modo auto sencillo, se configura por si sola para el usuario, en cuanto a la palanca del zoom lateral se combina con la tecnología óptica de reducción de la vibración de desplazamiento del lente para que así todas las tomas queden definidas (Nikon, 2017). Para mayor información de la cámara revisar anexo N° 7.

Gráfico N. 5 Cámara Nikon Coolpix L820
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Copyright 2017 por Nikkon.

Computadora

Una computadora se la define como una máquina electrónica capaz de poder recibir, procesar, y devolver resultados a partir de datos obtenidos por un medio de entrada y así mismo, arroja resultados por un medio de salida. Por otro lado, un sistema informático está compuesto por dos subsistemas los cuales reciben el nombre de hardware y software, el primero consiste en la parte física de la computadora, entre estos tenemos a elementos que lo componen como (placa madre, ventilados, memoria RAM, disco duro, case, etc.) y el segundo consiste en la parte lógica que está conformado por (sistema operativo, programas, aplicaciones, entre otros), estos dos elementos trabajan en conjunto para formar lo que es la computadora.

Software

MATLAB

La página oficial de MATLAB la define como una plataforma que se orienta al cálculo técnico de altas prestaciones para cálculo numérico y visualizaciones, el cual es utilizado por millones de ingenieros y científicos alrededor del mundo, la plataforma está basada en matrices, que es la forma más natural del mundo para expresar las matemáticas computacionales. Cuenta con gráficos integrados los cuales facilitan la visualización e interpretación de los datos y la obtención de información a partir de los mismos. Cuenta con una librería de toolboxes preinstalada, que permiten al usuario empezar a trabajar rápidamente con algoritmos primordiales para su dominio. Las herramientas y prestaciones con las que cuenta MATLAB están probadas y diseñadas muy rigurosamente para trabajar en conjunto (MATLAB, 2017).

A continuación, se describirán otras herramientas que tentativamente se utilizarán en el desarrollo del proyecto, solo si, el tiempo nos permite abarcar dichas herramientas como los son: Python, OpenCV y Orange Canvas.

PYTHON

Python se define como un lenguaje interpretado, interactivo y orientado a objetos que ofrece una gran cantidad de estructuras de datos de alto nivel

por medio de un tipado dinámico y fuerte, además de estas características es multiparadigma y multiplataforma (van Rossum, 2009).

Python es un lenguaje de programación muy poderoso y fácil de aprender. Este lenguaje cuenta con estructuras de datos eficientes y de alto nivel y tiene un enfoque simple, pero a la vez efectivo para la programación orientada a objetos. Cuenta con una elegante sintaxis y un tipado dinámico, de la mano con su naturaleza interpretada, hacen de Python un lenguaje excelente para escripting y el desarrollo rápido de aplicaciones en diversas áreas y a más de eso sobre cualquier plataforma (van Rossum, 2009).

OPENCV

Según la página oficial de OpenCV indica que es considerada una biblioteca libre que fue desarrolla por Intel Corporation y cuenta con una visión artificial. Su primera aparición fue en el mes de enero de 1999 con una versión alfa, y desde ese momento ha sido utilizada en infinidades de aplicaciones que van desde sistemas de seguridad con detecciones de objetos en movimiento, hasta aplicaciones donde se requiere reconocimiento de objetos como lo son el control de procesos. Esto se debe a que su publicación está dada bajo una licencia BSD, y por lo tanto su uso es de manera gratuito tanto para uso comercial, así como para usos académicos (OpenCV, 2017).

OpenCV posee interfaces de varios lenguajes de desarrollo como C++, C, Python y Java, también soporta varias plataformas entre estas Windows,

Android, Mac OS y IOS. Cuenta con múltiples funciones que engloban una gama de áreas en el proceso de visión, como lo son el reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), la visión estérea, calibración de cámaras y la robótica avanzada (OpenCV, 2017).

ORANGE CANVAS

Según la página oficial de Orange dice que es una aplicación que sirve para realizar minería de datos y análisis predictivo, el cual fue desarrollado en la universidad de Liubliana facultad de informática - Eslovenia. Esta aplicación cuenta con una serie de componentes que fueron desarrollados en C++, los cuales implementan algoritmos de minería de datos. Los componentes con los que cuenta Orange pueden ser manipulados mediante un entorno gráfico o a través de aplicaciones desarrollados en el lenguaje de desarrollo Python**.**

Orange permite el procesamiento de texto en la minería de datos, ya que es el paso más importante en el análisis de datos. Permite también la visualización interactiva de datos, mediante el análisis de datos que se realiza de manera sencilla con una visualización inteligente de los datos. Nos permite explorar distribuciones estadísticas, diagramas de bloques y diagramas de dispersión, o también, profundiza en árboles de decisión, agrupación jerárquica, mapas de calor, MDS y proyecciones lineales.

La programación lineal permite la exploración interactiva de los datos para un análisis cualitativo rápido con visualizaciones limpias. Posee una interfaz

gráfica de usuario que permite al usuario concentrarse en el análisis de los datos en lugar de ponerse a codificar, los valores predeterminados inteligentes que utiliza Orange hacen que el prototipado rápido de un flujo de trabajo de análisis de datos sea fácil (Orage, 2017).

Análisis digital de imágenes

Suavizado

El suavizado o también conocido como el proceso de filtrado de imágenes es un conjunto de técnicas que tiene un objetivo fundamental, el cual consiste en obtener de una imagen denominada origen, otra imagen que se denomina final, cuyo resultado obtenido sea más adecuado para la aplicación específica de lo que se quiere obtener, este proceso mejora algunas características de la imagen, las cuales posibilitan efectuar operaciones del procesado sobre la misma. Los objetivos principales que se tratan de conseguir con la técnica de aplicación de filtros son: suavizar la imagen, resaltar los bordes, eliminar el ruido o detectar los bordes (Marín, 2015).

Segmentación de imágenes

La segmentación de imágenes es una técnica la cual consiste en la partición o división de la imagen en varias regiones homogéneas y disjuntas a partir de su contorno, su conectividad, o en términos de un conjunto de características de los píxeles de la imagen, que permiten discriminar unas regiones de otras en la imagen. Entre otras, las características que se

utilizan en la segmentación de imágenes tenemos: la textura, los momentos, los tonos de grises, la dirección de los bordes, la magnitud del gradiente y las modas de los tonos de grises en ventanas 3x3, 7x7 y 15x15. La técnica de segmentación lo que trata es de distinguir si un pixel pertenece, o no, a un objeto de interés y, por lo tanto, se genera una imagen binaria. En la actualidad no existe una teoría unificada de la segmentación de imágenes, solamente se dispone de un conjunto de algoritmo que ayudan al desarrollo de esta técnica (Marín, 2015).

Técnicas de Segmentación de Imágenes

Transformada Watershed

Es un método de segmentación de imágenes que se basa en regiones, la cual posee operaciones morfológicas poderosas que permite la segmentación de estructuras complejas, que mediante otras técnicas de segmentación no pueden ser procesadas, este método clasifica los píxeles de acuerdo a su proximidad espacial, el gradiente de sus niveles de grises y la homogeneidad de sus texturas (Gonzalez & Ballarin, 2008).

Una imagen que se encuentra en escala de grises puede interpretarse como una imagen topográfica de un relieve terrestre; con esto podemos definir que las intensidades de grises que tienen mayor amplitud se atribuyen con llanuras o montañas, en cuanto a las intensidades de grises de menor valor se atribuyen con ríos o valles. Mediante las características de las imágenes mencionadas, podemos definir una técnica de

procesamiento digital de imágenes, denominada transformada de Watershed que, a partir de la inundación de los valles esta técnica es capaz de poder reconocer los contornos de las zonas topográficas parecidas que se encuentran rodeadas por cadenas de montañas (Gonzalez Betancourt, A; Roduíguez Ribalta, P & Orozco Morales, 2016).

Transformada de K-means

El algoritmo fue propuesto por Stuart Lloyd en 1957, como una técnica de la Modulación Código – Pulso, pero no fue publicado hasta 1982, fecha en la que presentó su artículo. Es uno de los algoritmos de aprendizajes para resolver el problema de clusterización no supervisado más simple. El procedimiento del algoritmo aproxima por etapas sucesivas un determinado número de clusters, haciendo uso de los centroides de los puntos que se deben representar.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. El algoritmo detecta K puntos en el espacio en el que se encuentran los objetos a clasificar. Dichos puntos son los que representan los centroides iniciales de los grupos.
2. Cada objeto es asignado al grupo que posee el centroide mas aproximado.
3. Luego de haber asignado los objetos en su totalidad, recalcula las posiciones de los K centroides.

4. Los pasos 2 y 3 se repiten hasta que los centroides se mantengan de una manera estable. Esto produce una clasificación de los objetos en grupos, los cuales permiten dar una métrica entre ellos (Ruiz Rivera, María; Yarasca Carranza, Juan & Ruiz Lizama, 2013).

Transformada de Top-Hat

La transformada de top-hat es una de las técnicas de la morfología matemática, la cual ayuda a extraer las zonas brillantes y estrechas que se presentan en imágenes en escala de grises. Las mencionadas zonas son las áreas que desaparecen después de realizar una operación de apertura. Para la aplicación de la transformada de top-hat se utiliza un elemento estructurante definido como B, la transformada de una función f se define como:

$$TdF_B(f) = f - (f)_B$$

Donde $(f)_B$ significa operación de apertura.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Recibir una imagen en escalas de grises, de ser el caso que sea a color la misma debe ser convertida a escala de grises.
2. Se define con la función strel y de parámetros el radio de apertura para poder realizar el filtrado.
3. Realizar el filtrado de top-hat para realizar la segmentación con ajuste del contraste para mejorar el

4. resultado de la imagen a presentar (Camargo O.; Arista B.; & Camargo J., 2013).

Transformada Canny

Es un algoritmo muy usado en detección de bordes de imágenes u objetos. Se caracteriza por evitar la ruptura de los bordes de los objetos. Su fundamento se basa en un proceso de optimización, teniendo en cuenta los siguientes objetivos por maximizar:

- Aumentar la relación señal-ruido de la imagen.
- Disminuir todo lo posible, la distancia entre el borde detectado y el borde real.
- No identificar un borde por un único píxel, sino por un conjunto de píxeles que tengan una cierta conectividad (Riveros Guevara Adriana; et al., 2013)**.**

Transformada de Sobel

Esta técnica de segmentación permite calcular el gradiente de la intensidad de la imagen en cada punto de la misma (pixel). Así, para cada pixel o punto este operador da como resultado la magnitud del mayor cambio posible, el sentido que va desde oscuro a claro y la dirección de éste. El resultado de aplicar el operador Sobel muestra cómo cambia una imagen de manera abrupta o suave en cada punto o pixel analizado, y así nos indica que tan probable es que se represente un borde en la imagen y, también la orientación a la que este borde va a tender (Gálvez, 2014).

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Se debe tener presente que la técnica admite imágenes en escala de grises, es por ellos que de ser una imagen a color se debe convertir a escalas de grises.
2. Con ayuda de la función edge indicando como parámetro la imagen y la técnica con la que se realizará la segmentación de la imagen (Gálvez, 2014).

Fundamentación Legal

COIP (Código Orgánico Integral Penal)

Artículos del código penal vigente que abordan la mala práctica médica.

Art. 156 indica que los médicos, enfermeras, farmacéuticas, practicantes, empleados de casas de salud o propietarios de farmacias o droguerías que, desobedeciendo órdenes de autoridad competente, paralizaren los servicios o se abstuvieren de prestar su colaboración a los que necesitaren de ellos, serán reprimidos con prisión de uno a cinco años y multa de treinta y cinco a setenta dólares de los Estados Unidos de Norte América. Se aplicará el máximo de las penas previstas en este artículo a los miembros de las organizaciones profesionales que hubieren incitado a la comisión de tales hechos, si éstos se hubieren consumado.

Art. 346 indica que el médico, cirujano o practicante que, por favorecer a alguno hubiere certificado falsamente enfermedades o imposibilidades propias para dispensar de un servicio debido legalmente, o de cualquiera otra obligación impuesta por la Ley, o para exigir o reclamar un derecho, será reprimido con prisión de seis meses a dos años y multa de seis a sesenta y dos dólares de los Estados Unidos de Norte América si ha sido movido por dones o promesas, será reprimido con un prisión de uno a cinco años, a más de la multa antes indicada.

Art. 434 indica que, cuando los actos previstos en los artículos anteriores fueron cometidos por imprudencia, o por negligencia, o por impericia en el

propio arte o profesión, o por in observancia de los reglamentos u ordenanzas, se impondrá multa de ocho a setenta dólares de los Estados Unidos de Norte América, si no resultare enfermedad o muerte de alguna persona; y prisión de seis meses a cinco años, si resultare enfermedad o muerte.

Art. 435 indica que, será reprimido con prisión de seis meses a dos años y multa de ocho a setenta y siete dólares de los Estados Unidos de Norte América, el que violare las medidas adoptadas por las autoridades competentes para impedir la introducción o propagación de una epidemia.

Art. 436 indica que, los médicos, botánicos, o cualquier persona que, por falta de precaución o de cuidado, recetaren, despacharen o suministraren medicamentos que comprometan gravemente la salud, serán reprimidos con prisión de seis meses a un año; si hubieren causado enfermedad que parezca o fuere incurable, la prisión será de unos a tres años; y en caso de haber producido la muerte, la prisión será de tres a cinco años.

Art. 456 prescribe que, si las sustancias administradas voluntariamente, que pueden alterar gravemente la salud, han sido dadas sin intención de causar la muerte, pero la han producido, se reprimirá al culpado con reclusión menor de tres a seis años.

Art. 457 prescribe que, en la infracción mencionada en el artículo anterior, se presumirá la intención de dar la muerte si el que administró las sustancias nocivas es médico, farmacéutico o químico; o si posee

conocimientos en dichas profesiones, aunque no tenga los títulos o diplomas para ejercerlas.

FOE (Federación Odontológica Ecuatoriana)

Según el código de ética de la FOE (Federación Odontológica Ecuatoriana) nos indica en sus artículos lo siguiente:

Art. 1 El presente Código, de acuerdo con la disposición Transitoria Tercera de la Ley de Federación Odontológica Ecuatoriana (FOE), para el Ejercicio, Defensa y Perfeccionamiento Profesional, establece las normas de conducta para el Odontólogo en sus relaciones con:

1. El Estado;
2. La Sociedad;
3. La Federación Odontológica Ecuatoriana;
4. Entre Odontólogos y Profesionales afines;
5. Pacientes; y,
6. Personal Paraodontológico.

Art. 2 El presente artículo nos indica las normas de acción que debe tener un profesional en la Odontología según el código de ética profesional para odontólogos de la FOE.

1. El profesional Odontólogo es una persona que brinda servicios a la Sociedad y debe someterse a las exigencias que se presenten de la naturaleza y dignidad humana.
2. El Odontólogo debe propender a la incrementación de sus conocimientos y de su cultura general, desempeñando una intachable honestidad en el desempeño de su actividad, para así, poder mantener y aumentar el prestigio de su profesión.
3. El odontólogo en las actividades que realiza deberá emplear sus conocimientos de manera que brinde seguridad al paciente y no de manera ilegal o inmoralmente. Deberá hacer respetar su profesión y procederá en todo momento con la debida prudencia y honorabilidad que la sociedad exige.
4. En la realización del ejercicio de su profesión no tendrá preferencias de raza, nacionalidad, religión, nivel socio-económico, ni de convicciones políticas.
5. La conducta que muestre el odontólogo tendrá una gran influencia y repercutirían en el prestigio de la profesión y deberá ser defendida de todo comentario desfavorable.

En el capítulo III de la FOE se prescriben dos artículos que se regulan las relaciones de los odontólogos con el estado, entidades públicas y privadas.

Art. 3 Ningún Odontólogo permitirá que sus servicios profesionales, su nombre o su silencio faciliten o hagan posible la práctica ilegal de la odontología, sea con carácter particular o en entidades públicas, semi-

públicas o privadas; el incumplimiento de esta disposición será considerada como falta grave. Se sancionará con lo dispuesto en el literal d. del Art. 25 de la Ley de Federación. En caso de reincidencia se aplicará lo indicado en el literal e. Del mismo artículo de la Ley.

Art. 4 El Odontólogo que se halle en desempeño de sus funciones profesionales en instituciones de derecho público semi-público o privado y se le exigieren actividades que no correspondan a las obligaciones inherentes al cargo, podrá negarse a cumplirlas solicitando la intervención del respectivo Colegio Odontológico Provincial.

La codificación de la ley de propiedad intelectual establece los siguientes artículos:

Propiedad intelectual

Art. 1.- El Estado reconoce, regula y garantiza la propiedad intelectual adquirida de conformidad con la ley, las decisiones de la Comisión de la Comunidad Andina y los convenios internacionales vigentes en el Ecuador. La propiedad intelectual comprende:

1. Los derechos de autor y derechos conexos;
2. La propiedad industrial, que abarca, entre otros elementos, los siguientes:

a) Las invenciones;
b) Los dibujos y modelos industriales;
c) Los esquemas de trazado (topografías) de circuitos integrados;

d) La información no divulgada y los secretos comerciales e industriales;
e) Las marcas de fábrica, de comercio, de servicios y los lemas comerciales;
f) Las apariencias distintivas de los negocios y establecimientos de comercio;
g) Los nombres comerciales;
h) Las indicaciones geográficas; e
i) Cualquier otra creación intelectual que se destine a un uso agrícola, industrial o comercial.

Derechos de autor

Art. 8.- La protección del derecho de autor recae sobre todas las obras del ingenio, en el ámbito literario o artístico, cualquiera que sea su género, forma de expresión, mérito o finalidad. Los derechos reconocidos por el presente Título son independientes de la propiedad del objeto material en el cual está incorporada la obra y su goce o ejercicio no están supeditados al requisito del registro o al cumplimiento de cualquier otra formalidad.

Pregunta Científica a Responder

¿Si se utilizará técnicas de segmentación de imagines digitales en todos los procesos odontológicos, ayudaría a tener una mejor perspectiva de la enfermedad que puede tener una pieza dental y mediante esta técnica

ayude a los médicos odontólogos en la toma de decisiones con respecto a la enfermedad presente en las piezas dentales?

Definiciones Conceptuales

IMAGEN: Es una representación visual, que se puede realizar de un objeto o cosa, está compuesta por una matriz de píxeles cuadrados que se conforman por filas y columnas (Barragán Gómez & Gómez Moreno, 2012).

PIEZAS DENTALES: Se las puede definir como un cuerpo duro que, engastado en las mandíbulas del hombre y muchos animales, queda descubierto, para servir como órgano de masticación o de defensa (Chávez-Reátegui & Manrique, 2016).

LENGUA: Se la define como un órgano muscular que posee mucha movilidad y se encuentra ubicada en la parte posterior de la cavidad bucal, este órgano interviene en el gusto, la masticación, la degustación de los alimentos y en los sonidos que generan la voz humana (Hernández Villoria, 2008).

LABIOS: Son los que conforman la parte exterior de la cavidad bucal, y existen dos labios: el labio inferior y el labio superior, y cumplen la función de facilitar la articulación y manipular aquellos alimentos que se dirigen a la boca.

PALADAR: Constituye el tejido más voluminoso del diente, se encuentra debajo del esmalte y está dispuesta en el diente, desde la corona hasta la raíz. A diferencia del esmalte, la dentina da una respuesta dolorosa ante

estímulos físicos y químicos, especialmente si la capa protectora del esmalte se altera (Marín, 2015).

SALIVA: Secretada por diferentes glándulas salivales, es un líquido alcalino, claro y viscoso. Entre sus funciones principales destacan: humedecer y lubrificar los alimentos; arrastrar restos celulares y desechos alimentarios, lo que contribuye a una limpieza de los dientes (Marín, 2015).

PULPA: Es la zona más interna del diente, está formada por un tejido blando conjuntivo, irrigado por vasos sanguíneos e inervado por fibras nerviosas, que al ser extremadamente sensibles pueden originar dolor dental (Marín, 2015).

ESMALTE: Se define a esmalte como un tejido duro y calcificado que se encuentra en el organismo y que cumple con una función protectora. El esmalte se encuentra en la superficie exterior de la corona y su densidad aumenta a partir del cuello. Este tipo de tejido se encuentra aislado de cualquier tipo de sensación de dolor, ya que no posee nervios y vasos (Marín, 2015).

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES: Son técnicas que se aplican a las imágenes digitales con la finalidad de mejorar la calidad y ayuda en la búsqueda de información (Yánez, Escobar, & Enrique, 1996).

ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES: Es un proceso de extracción de información que se deriva a través de sensores y se la puede representar en gráficos mediante un formato de dos o tres dimensiones, para la cual se

puede utilizar el análisis visual, así como también el análisis digital (procesamiento digital de imágenes) (J. García, et al, 2015).

SEGMENTACIÓN: La segmentación es el proceso que subdivide una imagen en sus partes constituyentes u objetos, y es uno de los elementos fundamentales en al análisis automatizado de imágenes, debido a que es en esta etapa es donde se extraen los objetos de interés para un procesado posterior, como descripción y reconocimiento (Herold-García & Escobedo-Nicot, 2013).

METODOLOGÍA: Es un conjunto de métodos, categorías, leyes y procedimientos que orientan los esfuerzos de la investigación hacia la solución de los problemas científicos con un máximo de eficiencia. (Jiménez Paneque, 1998, p. 11).

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Modalidad de la Investigación

Este proceso de investigación se basó en un 70% de investigación de lectura científica y análisis de contenido y un 30% con investigación de campo comprendida en observación y entrevista con la odontóloga Dra. Andrea Coral Coronel para tener acceso a una base de datos de imágenes de piezas dentales, revisar anexo 4. Con esta forma de llevar la investigación se puede saber cuál es su apreciación de implementar una herramienta informática al momento de determinar una patología en las piezas dentales.

Lectura científica

La lectura científica se la define como el estado avanzado de la lectura, su principal objetivo es el conocimiento de la veracidad y transcendencia de un texto o, interpretado de otra manera, la llamada interpretación y crítica de las fuentes científicas, es el acto intelectual que permite la interpretación de manera correcta de lo leído, bajo tres condicionantes como lo son: el tiempo, la persona y el espacio (Yepes, 2012).

Arguello, (2009) indica que “Una lectura científica es como entrar en una esfera, dentro de la cual cada línea que sale del núcleo o centro, tiene una conexión con la totalidad del pensamiento humano; el inicio es la pregunta, con la cual se busca una respuesta; ésta verdad deja dos instancias, la

primera se refiere a sostener y defender la concepción de la idea y la segunda es la argumentación, lo cual como método permite juntar varias propuestas, nociones de elementos que se extraen de diferentes áreas del conocimiento y se busca en cada una de ellas el enlace que las hace ser parte del todo del conocimiento humano.” (p. 8).

Análisis de contenido

El análisis de contenido se lo puede definir como una técnica de investigación en la cual el principal objetivo es la descripción objetiva, cuantitativa y sistemática del contenido manifiesto de la comunicación o ya sea cualquier otra manifestación de conducta. Se considera sobre todo como un método de observación y medición. En lugar de observar el comportamiento de las personas en forma directa, o de pedirles que respondan a escalas, o aun de entrevistarlos, el investigador toma las comunicaciones que la gente ha producido y pregunta acerca de dichas comunicaciones.

Puede concebirse como un conjunto de procedimientos que tienen como objetivo la producción de un meta-texto analítico en el que se representa el corpus textual de manera transformada. (...) O, dicho de otro modo, ha de concebirse como un procedimiento destinado a desestabilizar la inteligibilidad inmediata de la superficie textual, mostrando sus aspectos no directamente intuitivos y, sin embargo, presentes (Fernández, 2002).

Entrevista

La entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial. Canales la define como "la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto". Se argumenta que la entrevista es más eficaz que el cuestionario porque obtiene información más completa y profunda, además presenta la posibilidad de aclarar dudas durante el proceso, asegurando respuestas más útiles.

La entrevista es muy ventajosa principalmente en los estudios descriptivos y en las fases de exploración, así como para diseñar instrumentos de recolección de datos (la entrevista en la investigación cualitativa, independientemente del modelo que se decida emplear se caracteriza por los siguientes elementos: tiene como propósito obtener información en relación con un tema determinado; se busca que la información recabada sea lo más precisa posible; se pretende conseguir los significados que los informantes atribuyen a los temas en cuestión; el entrevistador debe mantener una actitud activa durante el desarrollo de la entrevista, en la que la interpretación sea continua con la finalidad de obtener una compresión profunda del discurso del entrevistado) (Díaz-Bravo, Torruco-García, Martínez-Hernández, & Varela-Ruiz, 2013).

Investigación de campo

Arias, (2012) menciona que “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental.” (p.31).

Claro está, en una investigación de campo también se emplean datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo los esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado. La investigación de campo, al igual que la documental, se puede realizar a nivel exploratorio, descriptivo y explicativo (Arias, 2012).

Análisis de Imágenes

Para cada una de las técnicas que se describirán a continuación tanto como de pre-procesamiento y segmentación de imágenes se usará el grafico N. 6, el cual fue extraído de una página web **Pixabay** donde se encuentran imágenes sin copyright.

Gráfico N. 6 Imagen de prueba
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Copyright 2017 por Pixabay.

TÉCNICA DE PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Erosión Binaria

Esta técnica tiene como objetivo comprobar si un elemento es comprendido dentro del conjunto X, de ser el caso que no ocurra el resultado de dicha erosión será la representación de un conjunto vacío. Esto ocurre ya que los objetos de la imagen son de proporciones menores al radio de amplitud que se define. Tiene como utilidad definir una forma geométrica a partir del radio que se define, al ejecutar el código los componentes de la imagen que no se encuentre dentro del radio no aparecerán en la imagen resultante.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Se lee la imagen, esta al ser enmarcada en una técnica de pre-procesamiento de imagen es indiferente si la recibe a color o escala de grises.
2. Se define un radio, el cual servirá de ayuda para saber cuántos grados se erosionará la imagen con la función **strel**.
3. Con la función **imerode** y lo realizado en el paso dos, dará como resultado la imagen erosionada.

Gráfico N. 7 Ejemplo erosión binaria
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Dilatación Binaria

Esta técnica tiene como resultado la dilatación de los elementos que se encuentran en el conjunto estructurante de la imagen a analizar, esta operación se presenta con el crecimiento de regiones definido por un radio, si un elemento de la imagen concuerda con el radio este se dilatará, caso contrario este no se modificará y se mostrará igual que en la imagen original.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Se lee la imagen, esta puede ser a color o escala de grises.
2. Se define el radio con la función **strel** con la finalidad de dilatar las regiones definidas.
3. Con la función **imdilate** y como parámetros los indicados en el paso dos, dará como resultado una imagen con dilatación en los bordes.

Gráfico N. 8 Ejemplo dilatación binaria
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Copyright 2015 por Marín.

Filtro de la Media

El filtro de la media se considera uno de los más simples, fácil e intuitivo que se puede implementar para realizar el suavizado de imágenes, nos ayuda a la reducción de la cantidad de variaciones de intensidad entre los pixeles vecinos.

Su funcionamiento consiste en visitar cada uno de los pixeles por los que está conformado la imagen y reemplazarlo por la media de los pixeles vecinos. El filtro de la media puede operar mediante convolución a través de una máscara determinada.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Se lee la imagen, esta puede ser a color o escala de grises.
2. Se realiza con la función **fspecial** y recibiendo como parámetro **average** y el índice de pixeles que se desea modificar.
3. Como consiguiente para tener ya la imagen modificada.

Gráfico N. 9 Ejemplo filtro de la media 3x3
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Filtro de la Mediana

El filtro de la mediana permite asignar a cada punto de la imagen el valor de la mediana, es decir, genera una imagen nueva, en la cual cuyos pixeles son generados calculando la mediana del conjunto total de los pixeles vecinos de los que se compone la imagen original, el objetivo de aplicar el filtro de la mediana es homogenizar los pixeles que tengan diferentes intensidades dentro de una vecindad de pixeles. Este filtro es frecuentemente utilizado cuando se tiene una imagen con ruido aleatorio.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Recibir una imagen en escalas de grises, de ser el caso que sea a color la misma debe ser convertida a escala de grises.
2. Con la función **imnoise** detallando como parámetro la imagen, el grado y tipo de filtro a aplicar con la finalidad de poder tener un pre-procesado de la imagen.
3. Para corrección de errores y tener una imagen más pulida se realiza dos filtrados aplicando la mediana con la función **imfilter**.

Gráfico N. 10 Ejemplo filtro de la mediana
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Filtro Gaussiano

El filtro gaussiano, es un filtro que permite reducir el nivel de ruido de una señal de entrada con el objetivo de disminuir la distorsión de una imagen, este filtro es similar al filtro de la media, pero para la aplicación de este se utiliza una máscara diferente.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Se lee la imagen, esta puede ser a color o escala de grises.
2. Se realiza una preparación de la imagen sometiéndola a dos filtrados que serán la de **gaussian** y el **average** cada uno de estos filtrados por separados para tener características diferentes.
3. A esa imagen resultante se realiza una combinación de los filtrados anteriores para obtener la imagen resultante con el filtrado **gaussian**.

Gráfico N. 11 Ejemplo filtro de gaussiano
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Técnica de Segmentación

Transformada de Watershed

En esta técnica se convierte primero una imagen en escala de grises o binaria con la finalidad de usarla como una representación topográfica de un terreno con relieve; de esta manera las zonas con mayor intensidad de grises corresponden a montañas o llanuras mientras que las zonas con menor intensidad de grises representan los ríos o valles. La TW, forma parte de los métodos de segmentación basado en regiones con la representación de montañas o ríos delimitando y clasificando los pixeles.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Leer la imagen convertida en escala de grises, para tener una mayor apreciación de los detalles y de esta manera relacionar las partes blancas y oscuras.
2. Se le aplica la TW a dicha imagen que se analizará con la función **bwdist**.
3. Finalmente se ajusta el interior del contorno para tener una mejor apreciación de la misma.

Gráfico N. 12 Ejemplo transformada watershed
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Transformada de Top-Hat

La transformada de TTH, es una de las técnicas de la morfología matemática la cual ayuda a extraer las zonas brillantes y estrechas que se presentan en imágenes en escala de grises. Las mencionadas zonas son las áreas que desaparecen después de realizar una operación de apertura. Para la aplicación de la transformada de TTH se utiliza un elemento

estructurante definido como B, la transformada de una función f se define como:

$$TdF_B(f) = f - (f)_B$$

Donde $(f)_B$ significa operación de apertura.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Recibir una imagen en escalas de grises, de ser el caso que sea a color la misma debe ser convertida a escala de grises.
2. Se define con la función **strel** y de parámetros el radio de apertura para poder realizar el filtrado.
3. Realizar el filtrado de TTH para realizar la segmentación con ajuste del contraste para mejorar el resultado de la imagen a presentar.

Gráfico N. 13 Ejemplo transformada top-hat
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Transformada de K-Means

El algoritmo de K-M es uno de los algoritmos de aprendizajes para resolver el problema de clusterización no supervisado más simple. El procedimiento del algoritmo aproxima por etapas sucesivas un determinado número de clusters haciendo uso de los centroides de los puntos que se deben representar.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Recibir una imagen en escalas de binarios, de ser el caso que sea a color la misma debe ser convertida a escala de binarios.
2. La imagen se la lleva a una matriz para de esta manera comprobar y determinar un centroide para realizar el análisis.
3. Luego de haber asignado los objetos en su totalidad, recalcula las posiciones de los centorides para realizar una comparativa de lo que se observa en la imagen con la función **reshape**.
4. Una vez analizada la totalidad de la imagen, se usa la función **kmeans** para agrupar los resultados que se obtuvieron en la matriz dando como resultado la imagen segmentada por TK-M.

Gráfico N. 14 Ejemplo transformada k-means
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Transformada de Canny

El algoritmo de Canny, utiliza un algoritmo de múltiples etapas las cuales permiten la detección de una amplia gama de bordes en las imágenes.

El algoritmo de TC es el más utilizado para detectar los bordes de una imagen, cumple con los objetivos para que un detector de bordes sea considerado óptimo ya que ayuda a tener una buena detección de bordes, buena localización permitiendo que las imágenes se acerquen lo más posible a los bordes de la imagen real y mínima respuesta ya que los bordes son marcados una sola vez y de esta manera es difícil que se creen falsos positivos.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Recibir una imagen en escalas de binarios, de ser el caso que sea a color la misma debe ser convertida a escala de binarios.
2. Lo que se realiza es el uso de la técnica gaussian para poder realizar el primer filtrado de la imagen para prepararla previo a la técnica canny.
3. Como consiguiente la función **edge** que recibe como parámetro la imagen binaria y la TC; es con eso que se obtiene el resultado esperado de la técnica a usarse.

Gráfico N. 15 Ejemplo transformada canny
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

.

Transformada de Sobel

El operador o método de Sobel se lo utiliza en el procesamiento de imágenes, principalmente es utilizado en algoritmos que se aplican para la detección de bordes de la imagen. TS es un operador diferencial discreto que permite calcular una aproximación al gradiente de la función de intensidad de una imagen. El resultado que se presenta del operador sobel es tanto el vector gradiente correspondiente, así como, la norma de dicho vector para cada punto de la imagen a procesar.

Descripción del operador sobel, este calcula el gradiente de la intensidad de la imagen en cada punto de la misma (pixel). Así, para cada pixel o punto este operador da como resultado la magnitud del mayor cambio posible, el sentido que va desde oscuro a claro y la dirección de éste. El resultado de aplicar el operador sobel muestra cómo cambia una imagen de manera abrupta o suave en cada punto o pixel analizado, y así nos indica que tan probable es que se represente un borde en la imagen y, también la orientación a la que este borde va a tender.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Se debe tener presente que la técnica admite imágenes en escala de grises, es por ellos que de ser una imagen a color se debe convertir a escalas de grises.
2. Con ayuda de la función **edge** indicando como parámetro la imagen y la técnica se realizará la segmentación de la imagen con la TS.

Gráfico N. 16 Ejemplo transformada sobel
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Tipo De Investigación

Por el Alcance – Descriptivo

Se procede a describir cada uno de las técnicas de segmentación para el desarrollo del proyecto de investigación, de forma que se realice de la mejor manera la obtención de la información por parte del odontólogo en este caso las imágenes de las piezas dentales para el armado de la base de datos con el objetivo de evidenciar los resultados obtenidos de las técnicas de segmentación y la identificación del área afectada en las piezas

dentales, para poder así elegir la técnica se segmentación más óptima y precisa al momento de analizar una imagen digital.

Población y Muestra

Población objetivo

La población objetivo identificada consta de 149 artículos científicos de los cuales se tomó una muestra de 45 artículos científicos que se encuentra detallada en el meta-análisis en los cuales se encuentran enmarcado técnicas de segmentación aplicadas a imágenes digitales de diferentes tipos de artículos científicos, ubicados en distintas bibliotecas indexadas y repositorios de Universidades, publicadas en diferentes periodos de tiempo hasta el actual, para el desarrollo de la investigación se hará énfasis a las técnicas mencionadas en el capítulo dos que darán ayuda a la segmentación de la imagen de la pieza dental. El meta-análisis se llevará a cabo por medio de la clasificación en variables de cada artículo científico relacionado con las técnicas de segmentación.

Marco Muestral

Para la obtención del marco muestral que se utilizará en el desarrollo de esta investigación se basa en una base de datos de los artículos científicos definidos en el meta-análisis. En este estudio solo se considera las técnicas que realicen segmentación de imágenes, las cuales cumplen con la parte medular del estudio propuesto. Es por ello que se definieron 8 variables para el análisis siendo caracterizadas por el aspecto más relevante de cada una de ellos. En el siguiente cuadro se muestra las variables.

Cuadro N. 4

Variables

No.	Variables
1	Palabra clave en los artículos
2	Tipo de investigación
3	Tipo de biblioteca
4	Tipo de Journal
5	Referencias en el articulo
6	Número de veces que se repite “segmentación” en los artículos científicos
7	Número de veces que se repite “procesamiento de imágenes” en los artículos científicos
8	Número de veces que se repite “detección de bordes” en los artículos científicos

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Diseño del meta-análisis

Para el desarrollo del meta-análisis se consideró un total de 45 artículos científicos, los cuales tienen como relación palabras claves y las técnicas usadas en su desarrollo. Estos aspectos fueron analizados debidamente para el actual proyecto de investigación. Para poder tener una facilidad de compresión y manejo de las variables detalladas en el apartado anterior, es de suma necesidad realizar una codificación. A continuación, se detalla el contenido y la codificación para cada una de las variables analizadas.

Descripción de las variables utilizadas

Variable 1. Palabra clave de los artículos

La primera variable hace referencia a las palabras claves más relevantes y las cuales se repiten en los artículos analizados.

Cuadro N. 5
Palabras Claves

Palabras claves en los artículos	
Image processing	1
Segmentation	2
Mathematical Morphology	3
Otras	4

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Variable 2. Tipo de investigación

La segunda variable hace referencias al tipo de investigación que se realizó para el desarrollo del artículo científico para resolver o comprender la solución al problema planteado.

Cuadro N. 6
Tipo de Investigación

Tipo de investigación	
Exploratoria	1
Campo	2
Teórica	3
Descriptiva	4

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Variable 3. Tipo de biblioteca

La tercera variable hace referencia a que biblioteca virtual, repositorio de universidades se obtuvieron los artículos científicos para el proyecto de investigación.

Cuadro N. 7
Tipo de biblioteca

Tipo de biblioteca	
Elseiver	1
IEEE	2
Redalyc	3
Scielo	4
Science Direct	5
Springer	6
Otras	7

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación.

Variable 4. Tipo de Journal

La cuarta variable hace referencia a que tipo de enfoque se encasillo al artículo descargado de la web.

Cuadro N. 8
Tipo de journal

Tipo de journal	
Artículo Científico	1
Libro	2
Tesis Doctoral	3

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Variable 5. Referencias en el artículo científico

La quinta variable hace referencia a la cantidad de referencias bibliográficas que posee cada artículo científico.

Variable 6. Número de veces que se repite “segmentación” en los artículos

La sexta variable hace referencia a la cantidad de veces que la palabra segmentación se utiliza en cada uno los artículos científicos a analizar.

Variable 7. Número de veces que se repite “procesamiento de imágenes” en los artículos

La sexta variable hace referencia a la cantidad de veces que la palabra procesamiento de imágenes se utiliza en cada uno los artículos científicos a analizar.

Variable 8. Número de veces que se repite “detección de borde” en los artículos

La sexta variable hace referencia a la cantidad de veces que la palabra detección de borde se utiliza en cada uno los artículos científicos a analizar.

Interpretación y análisis de los resultados

Para el meta-análisis se realizó un análisis estadístico, en el cual se ha usado como referencias ciertas variables cualitativas, las cuales son las más relevantes para realizar el cálculo e interpretación de las características que compone estas variables.

Por otro lado, para las variables cuantitativas se le realizará un análisis de estimadores como media, moda, mediana, varianza y desviación estándar.

Información general del meta-análisis

Variable 1: Palabras claves de los articulo

Cuadro N. 9

Tabla de frecuencia de la variable palabras claves

Palabras Claves

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Image processing	7	15,6	15,6	15,6
Mathematical Morphology	6	13,3	13,3	28,9
Otras	14	31,1	31,1	60
Segmentation	18	40	40	100
Total	45	100	100	

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

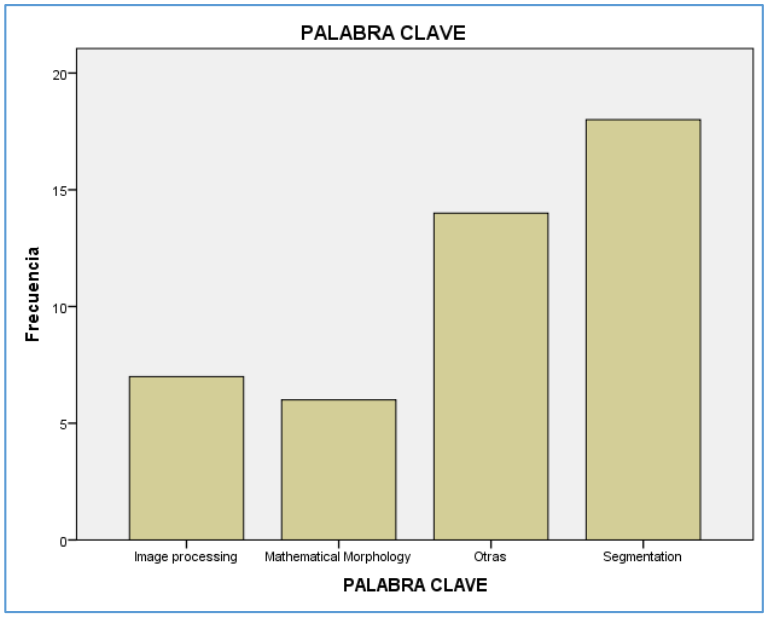


Gráfico N. 17 Diagrama de barras de la variable palabras claves
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Como se puede observar en el grafico N. 17 correspondes al análisis de las palabras claves presente en los artículos científicos analizados, con lo cual se puede observar la palabra segmentation representa el 40%, image processing con el 15,6%, mathematical morphology con el 13,3 % y por ultimo las palabras que no están consideradas dentro de las 3 principales y de mayor relevancia para la investigación.

Variable 2: Tipo de investigación

Cuadro N. 10
Tabla de frecuencia de la variable tipo de investigación

Tipo Investigación

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Campo	16	35,6	35,6	35,6
Descriptiva	7	15,6	15,6	51,1
Exploratoria	16	35,6	35,6	86,7
Teórica	6	13,3	13,3	100
Total	45	100	100	

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

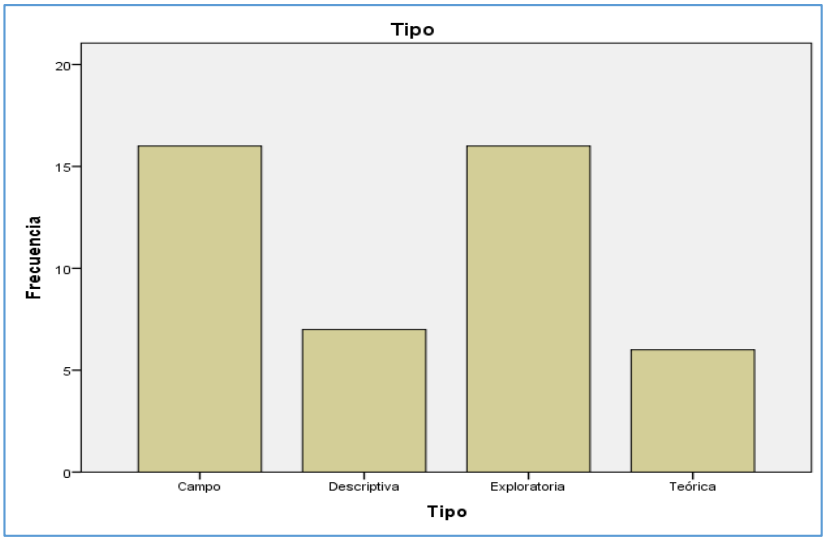


Gráfico N. 18 Diagrama de barras de la variable tipo de investigación
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Como se puede observar en el grafico N. 18 los diferentes tipos de investigación que se han realizado en cada uno de los artículos científicos analizados, con lo cual se puede observar que tanto como la investigación Exploración y de Campo es la más usada con el 35,6%, seguida de la descriptiva con el 15,6% y por último el tipo menos utilizada es la teórica con el 13,3%.

Variable 3: Tipo de biblioteca

Cuadro N. 11
Tabla de frecuencia de la variable tipo de biblioteca

Biblioteca				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
CCADET-UNAM	1	2,2	2,2	2,2
Elseiver	6	13,3	13,3	15,6
IEEE	9	20	20	35,6
Redalyc	16	35,6	35,6	71,1
Scielo	1	2,2	2,2	73,3
Science Direct	4	8,9	8,9	82,2
Springer	2	4,4	4,4	86,7

Universidad de Jaen	1	2,2	2,2	88,9
Universidad De Málaga	1	2,2	2,2	91,1
Universidad Nacional de La Plata	1	2,2	2,2	93,3
Web	3	6,7	6,7	100
Total	45	100	100	

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

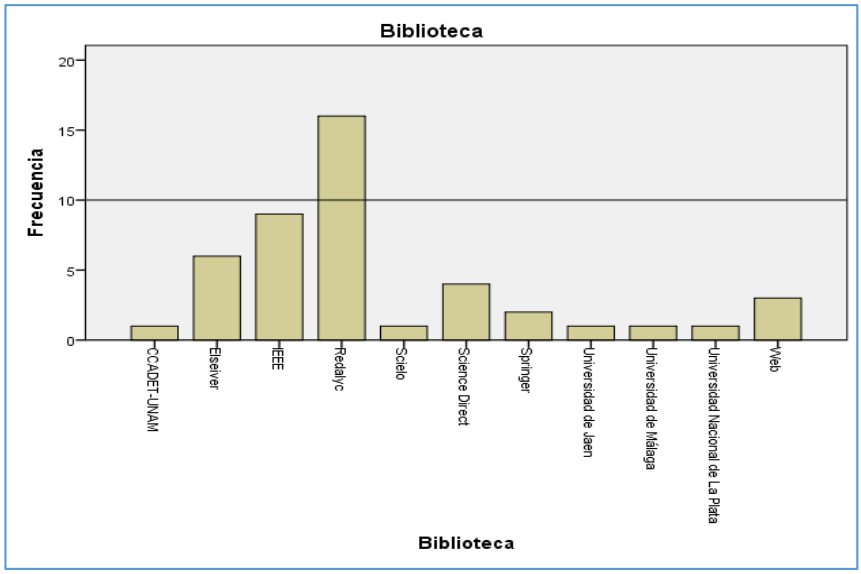


Gráfico N. 19 Diagrama de barras de la variable tipo de biblioteca
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Con esta variable se puede dar a conocer a que biblioteca científica se recurrió para obtener los artículos científicos analizados, como se puede observar en el grafico N. 19 podemos mencionar los cuatro sitios más utilizados los cuales son: Redalyc 35,6%, IEEE 20%, Elsevier 13,3% y el cuarto más usado fue Science Direct 8,9%.

Variable 4: Tipo de journal

Cuadro N. 12

Tabla de frecuencia de la variable journal

Tipo Journal

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Artículo científico	41	91,1	91,1	91,1
Libro	1	2,2	2,2	93,3
Tesis doctoral	3	6,7	6,7	100
Total	45	100	100	

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

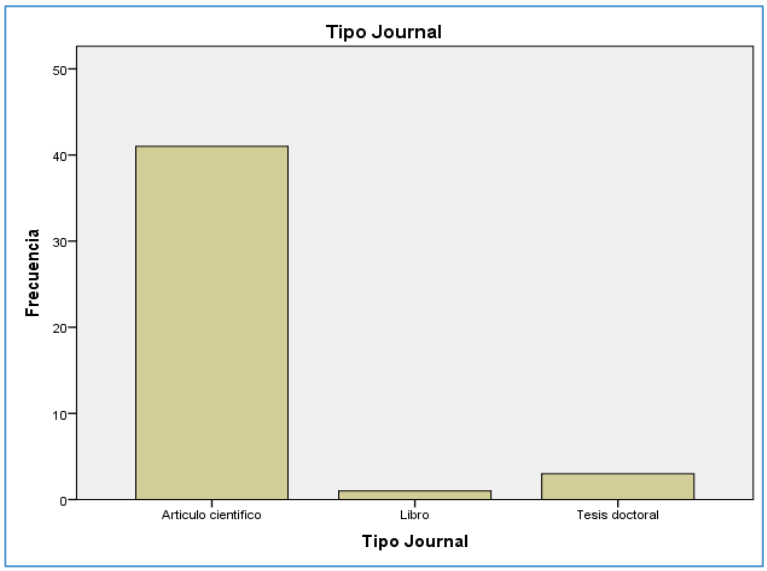


Gráfico N. 20 Diagrama de barras de la variable journal
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Esta variable nos sirve para identificar el tipo de documento utilizado como principal referencia para el desarrollo de este proyecto investigativo, como se puede observar en el grafico N. 20 de acuerdo al análisis obtenido se puede concluir que los artículos científicos constituyen al 91,1%, seguido de tesis doctorales con el 6,7% y al final libros con 2,2%.

Variable 5: Referencias en el articulo

Cuadro N. 13

Tabla de frecuencia de la variable número de referencia

Número de Referencia (Agrupada)				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado

<= 25	29	64,4	64,4	64,4
26 – 50	11	24,4	24,4	88,9
51 – 75	3	6,7	6,7	95,6
176 – 200	1	2,2	2,2	97,8
201 – 225	1	2,2	2,2	100
Total	45	100	100	

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Cuadro N. 14

Tabla de análisis de la variable número de referencia

Número de Referencia (Agrupada)

N	Válido	45
	Perdidos	0
Media		1,71
Error estándar de la media		0,239
Mediana		1
Moda		1
Desviación estándar		1,604
Varianza		2,574
Asimetría		3,642
Error estándar de asimetría		0,354
Rango		8
Mínimo		1
Máximo		9
Percentiles	25	1
	50	1
	75	2

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

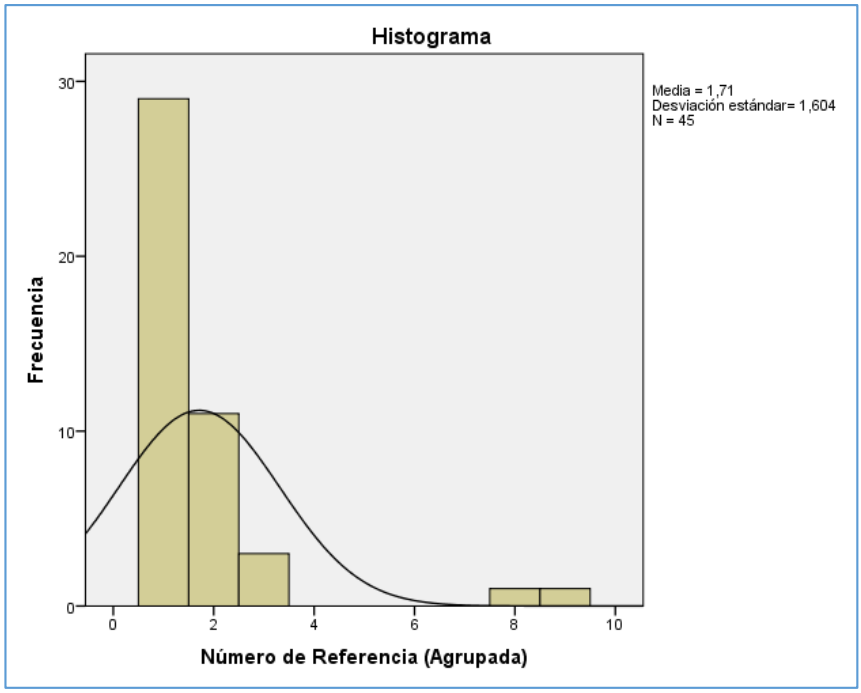


Gráfico N. 21 Diagrama de barras de la variable tipo de investigación
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

A continuación, se detallará el análisis estadístico de la variable referencias como se observar en el grafico N. 21, teniendo un total de 45 artículos analizados y agrupados en 5 rangos los cuales son:

a. 0 a 25

b. 26 a 50

c. 51 a 75

d. 176 a 200

e. 201 a 225.

Como se puede observar la cantidad de referencias que tiene mayor incidencia está ubicado en el rango **a** con un 64,4% del total de los 45 artículos analizados, así también se puede observar en el cuadro N. 14 una

mediana de 1, una media de 1,71 se puede decir que la media es mayor teniendo una asimetría de 3,64 valor positivo. Siendo este resultado dando una probabilidad debajo la curva con la asimetría a la derecha, dando esto que la mayor cantidad de distribución se incline hacia la izquierda, donde se encuentra la mayor cantidad de referencias agrupadas entre esos rangos.

Variable 6: Número de veces que se repite “segmentación” en los artículos.

Cuadro N. 15

Tabla de frecuencia de la variable 6

Segmentación (Agrupada)				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<= 0	3	6,7	6,7	6,7
1 - 24	26	57,8	57,8	64,4
25 - 48	7	15,6	15,6	80
49 - 72	4	8,9	8,9	88,9
73 - 88	5	11,1	11,1	100
Total	45	100	100	

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Cuadro N. 16

Tabla de análisis de la variable 6

Segmentación (Agrupada)		
N	Válido	45
	Perdidos	0
Media		2,6
Error estándar de la media		0,166
Mediana		2

Moda		2
Desviación estándar		1,116
Varianza		1,245
Asimetría		1,072
Error estándar de asimetría		0,354
Mínimo		1
Máximo		5
Percentiles	25	2
	50	2
	75	3

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

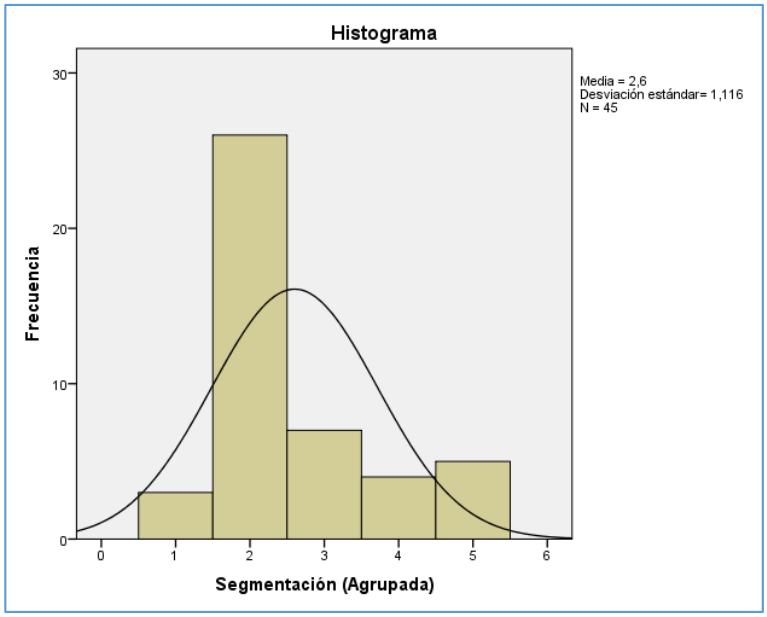


Gráfico N. 22 Diagrama de barras de la variable 6
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

A continuación, se detallará el análisis estadístico de la variable Segmentación como se observar en el grafico N. 22, teniendo un total de 45 artículos analizados y agrupados en 5 rangos los cuales son:

a. 0

b. 0 a 24

c. 25 a 48

d. 49 a 72

e. 73 a 88

Como se puede observar la cantidad de veces que se repite la palabra segmentación que tiene mayor incidencia está ubicado en el rango **b** con un 57,8% del total de los 45 artículos analizados, así también se puede observar en el cuadro N. 16 una mediana de 2, una media de 2,60 se puede decir que la media es mayor teniendo una asimetría de 1,07 valor positivo. Siendo este resultado dando una probabilidad debajo la curva con la asimetría a la derecha, dando esto que la mayor cantidad de distribución se incline levemente hacia la izquierda, donde se encuentra la mayor cantidad de veces que se repite la palabra segmentación agrupadas entre esos rangos.

Variable 7: Número de veces que se repite “procesamiento de imágenes” en los artículos.

Cuadro N. 17.

Tabla de frecuencia de la variable 7

Procesamiento de Imágenes (Agrupada)				
	Frecuencia	**Porcentaje**	**Porcentaje válido**	**Porcentaje acumulado**
<= 0	9	20	20	20
1 - 25	33	73,3	73,3	93,3
26 - 50	2	4,4	4,4	97,8
75 - 90	1	2,2	2,2	100

Total	45	100	100

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Cuadro N. 18.

Tabla de análisis de la variable 7

Procesamiento de Imágenes (Agrupada)		
N	Válido	45
	Perdidos	0
Media		1,91
Error estándar de la media		0,1
Mediana		2
Moda		2
Desviación estándar		0,668
Varianza		0,446
Asimetría		2,015
Error estándar de asimetría		0,354
Mínimo		1
Máximo		5
Percentiles	25	2
	50	2
	75	2

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

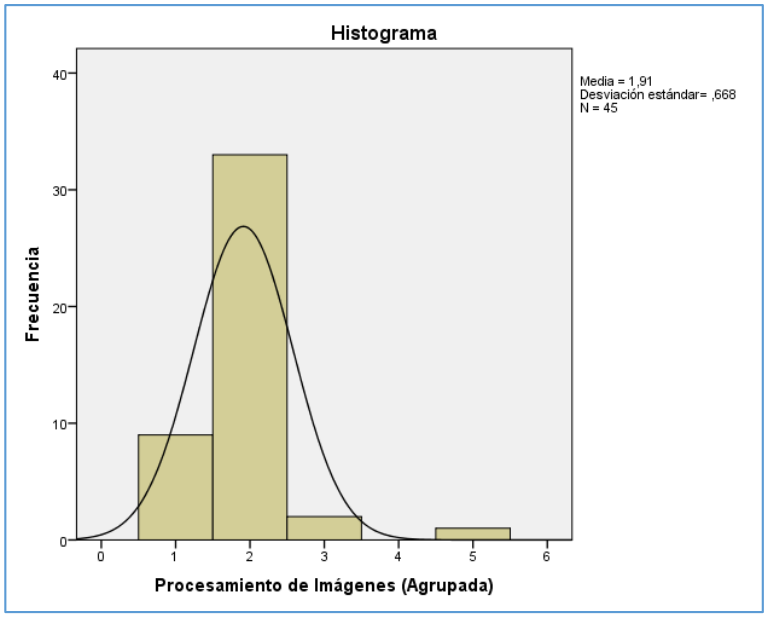


Gráfico N. 23 Diagrama de barras de la variable 7
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

A continuación, se detallará el análisis estadístico de la variable Procesamiento de Imagen como se observar en el grafico N. 23, teniendo un total de 45 artículos analizados y agrupados en 4 rangos los cuales son:

a. 0

b. 1 a 25

c. 26 a 50

d. 75 a 90

Como se puede observar la cantidad de veces que se repite la palabra procesamiento de imágenes que tiene mayor incidencia está ubicado en el rango **b** con un 73,3% del total de los 45 artículos analizados, así también se puede observar en el cuadro N.18 una mediana de 2, una media de 1,91 se puede decir que la media es mayor teniendo una asimetría de 2,01 valor

positivo. Siendo este resultado dando una probabilidad debajo la curva con la asimetría a la derecha, dando esto que la mayor cantidad de distribución se incline hacia la izquierda, donde se encuentra la mayor cantidad de veces que se repite la palabra procesamiento de imágenes agrupadas entre esos rangos.

Variable 8: Número de veces que se repite “detección de borde” en los artículos.

Cuadro N. 19.
Tabla de frecuencia de la variable 8

Detección de Bordes (Agrupada)				
	Frecuencia	**Porcentaje**	**Porcentaje válido**	**Porcentaje acumulado**
<= 0	14	31,1	31,1	31,1
01 - 12	21	46,7	46,7	77,8
13 - 24	3	6,7	6,7	84,4
25 - 36	5	11,1	11,1	95,6
36 - 45	2	4,4	4,4	100
Total	45	100	100	

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Cuadro N. 20.
Tabla de análisis de la variable 8

Detección de Bordes (Agrupada)		
N	Válido	45
	Perdidos	0
Media		2,11
Error estándar de la media		0,166
Mediana		2
Moda		2
Desviación estándar		1,112
Varianza		1,237
Asimetría		1,12

Error estándar de asimetría		0,354
Mínimo		1
Máximo		5
Percentiles	25	1
	50	2
	75	2

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

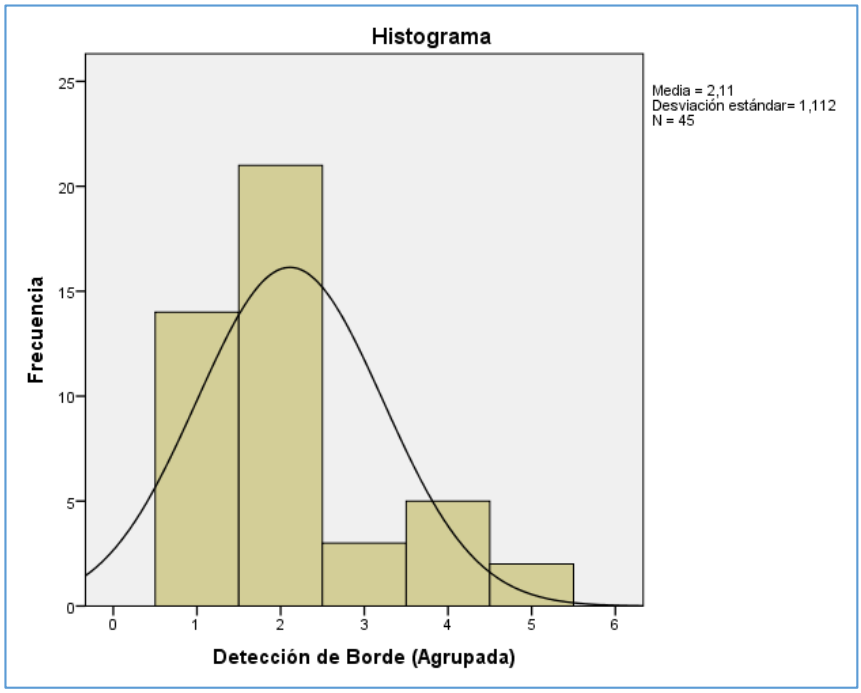


Gráfico N. 24 Diagrama de barras de la variable 8
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

A continuación, se detallará el análisis estadístico de la variable Detección de Borde como se observar en el grafico N. 24, teniendo un total de 45 artículos analizados y agrupados en 5 rangos los cuales son:

a. 0

b. 1 a 12

c. 13 a 24

d. 25 a 36

e. 37 a 45

Como se puede observar la cantidad de veces que se repite la palabra detección de borde que tiene mayor incidencia está ubicado en el rango **b** con un 73,3% del total de los 45 artículos analizados, así también se puede observar en el cuadro N. 20 una mediana de 2, una media de 2,11 se puede decir que la media es mayor teniendo una asimetría de 1,12 valor positivo. Siendo este resultado dando una probabilidad debajo la curva con la asimetría a la derecha, dando esto que la mayor cantidad de distribución se incline levemente hacia la izquierda, donde se encuentra la mayor cantidad de veces que se repite la palabra detección de borde agrupadas entre esos rangos.

Análisis de Datos

Para el análisis de los datos se usará la misma imagen de una pieza dental, como se muestra en el gráfico N. 25, la cual corresponde al primer molar derecho del maxilar superior de un paciente de 13 años de edad en esta pieza dental se presenta una carie que encaja en grado 5. Esta es la pieza dental que será sometida por cada una de las técnicas de segmentación de imágenes descritas en el apartado anterior para poder observar el resultado que nos da y con ello poder realizar el análisis comparativo de las técnicas de segmentación con la finalidad de elegir la técnica más precisa al momento de identificar una carie que se presente en una pieza dental.

Gráfico N. 25 Primer molar del maxilar superior
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Técnica de Pre-Procesamiento de Imagen

Erosión Binaria

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
se=strel('disk',7);
img_erosion=imerode(img,se);
%representacion de las imágenes
subplot(2,3,1),subimage(img),title('a) imagen original');
subplot(2,3,2),subimage(img_erosion),title('b) imagen
erosionada');
```

Resultado

Gráfico N. 26 Erosión Binaria
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 26 literal b), al aplicarle el filtro de erosión binaria nos da como resultado la disminución de brillo, aunque se observa que la imagen ha perdido nitidez.

Dilatación Binaria

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
se=strel('disk',7);
img_dilatada = imdilate(img,se);
%representacion de las imagenes
subplot(2,3,1),subimage(img),title('a) imagen original');
subplot(2,3,2),subimage(img_dilatada),title('b) imagen dilatada');
```

Resultado

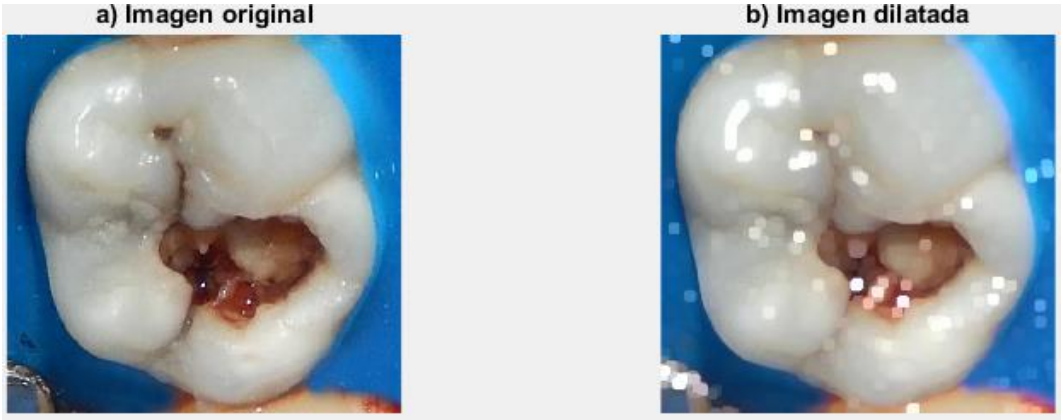


Gráfico N. 27 Dilatación binaria
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 27 literal b) al aplicarle el filtro de dilatación binaria nos da como resultado el aumento excesivo de brillo, aunque se observa que la imagen ha perdido nitidez, por motivo del aumento excesivo de brillo esta técnica queda descartada ya que no puede levantar falsos positivos al momento de someter las imágenes a las diferentes técnicas de segmentación utilizadas en la investigación.

Filtro de la Media

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
filtro=imnoise(img,'salt & pepper',0.05);
filtroave=fspecial('average');
filtroave2=fspecial('average',[20,20]);
filtroM1=imfilter(filtro,filtroave);
filtroM2=imfilter(filtro,filtroave2);
%Representaciones de las imágenes
subplot(2,2,1),subimage(im),title('a) Imagen original');
subplot(2,2,2),subimage(filtroM1),title('b) Filtro de media 3X3');
subplot(2,2,3),subimage(filtroM2),title('c) Filtro de media 9X9');
```

Resultado

Gráfico N. 28 Filtro de la Media 3x3
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Gráfico N. 29 Filtro de la Media 9x9
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 28 literal b), al aplicarle el filtro de la media se puede apreciar el ruido que es generado por el ambiente en el momento de capturar la imagen y por otro lado en el gráfico N. 29 literal b), se observa que dicha imagen pierde su nitidez ya que se sometió al filtro de la media, pero esta ocasión se toma pixeles en una matriz cuadrada de 9x9 lo que ocasiona la perdida de la nitidez, por este motivo esta técnica queda descartada ya que no se tiene una imagen lo suficientemente acercada a la realidad y al momento de someter las imágenes a las diferentes técnicas de segmentación utilizadas en la investigación no se obtendrán los resultados esperados.

Filtro de la Mediana

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
img_gris=rgb2gray(img);
img_ruido = imnoise(img_gris,'salt & pepper',0.05)
filtro_ave=fspecial('average');
filtro_mediana=medfilt2(img_ruido);
%Representaciones de las imágenes
subplot(2,3,1),subimage(img),title('a) Imagen Original');
subplot(2,3,2),subimage(filtro_mediana),title('b) Filtro
mediana');
```

Resultado

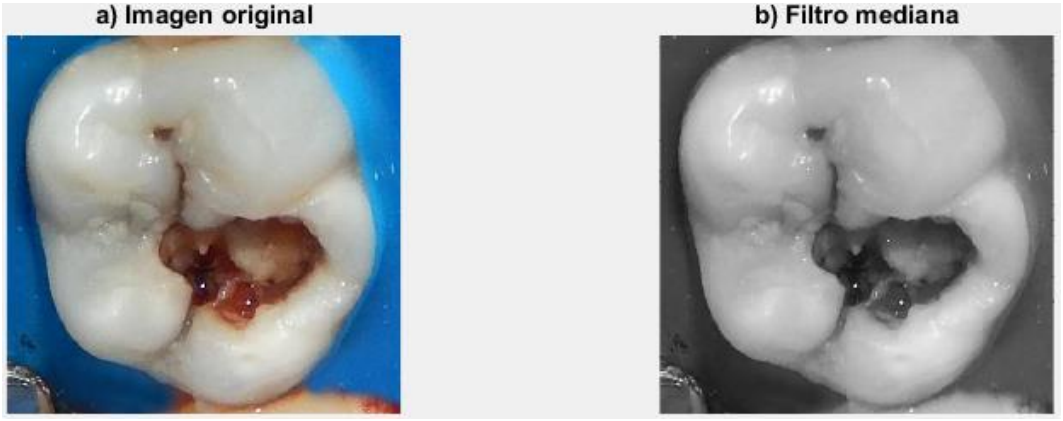


Gráfico N. 30 Filtro de la Mediana
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 30 literal b), al aplicarle el filtro de la mediana nos da como resultado una imagen en escala de grises, pero se nota una imagen libre de ruido y con una buena nitidez lo que permite que al momento de segmentar la imagen no altere algún tipo de resultado. Cabe recalcar que al momento de aplicar la función **salt & pepper** que nos permite representar el ruido en la imagen, cuando esta función es aplicada en una imagen a color se puede observar el ruido que es representados en puntos de color en la escala RGB (Rojo, Verde, Azul) como se puede apreciar en el Gráfico N.28 literal b), cosa que no ocurre en una imagen en escalas de grises ya que los puntos que se representan en esta imagen son de color blanco y negro y en la cual los puntos de color negro no siempre son apreciados ya que la imagen tiene un color parecido.

Filtro Gaussiano

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
ruido_gausiano = imnoise(img,'gaussian');
filtro_gausiano=fspecial('gaussian');
resultado_gausiano2=imfilter(ruido_gausiano,filtro_gausiano);
%Representaciones de las imágenes
subplot(2,2,1),subimage(img),title('a) Imagen original');
subplot(2,2,2),subimage(ruido_gausiano),title('Imagen con ruido
gaussiano');
subplot(2,2,4),subimage(resultado_gausiano2),title('b) Filtro
gaussiano');
```

Resultado

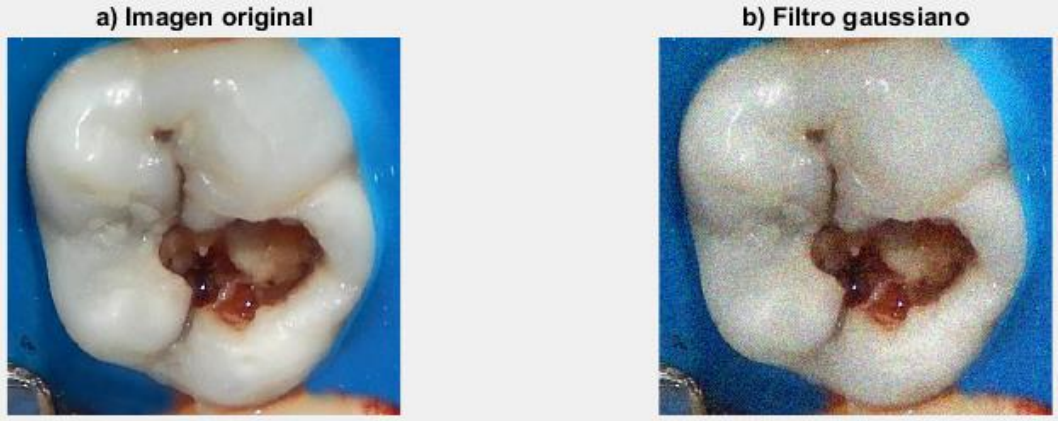


Gráfico N. 31 Filtro Gaussiano
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como podemos observar en el gráfico N. 31 literal b), que al momento de someterla al filtro gaussiano, el ruido que en ella se encuentra es eliminada para su posterior segmentación, a pesar de que la nitidez de la imagen no es la mejor, pero nos permite obtener resultados esperados de la investigación.

Técnicas de Segmentación

Transformada WaterShed

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
img_gris=rgb2gray(img);
img_BN=im2bw(img_gris);
img_BNot=~img_BN;
img_D=bwdist(img_BN);
img_D1= uint8(img_D);
img_D2=imadjust(img_D1);
seD = strel('diamond',1);
BWfinal = imerode(img_D2,seD);
BWfinal = imerode(BWfinal,seD);
BWoutline = bwperim(BWfinal);
SegoutR = img_gris;
SegoutG = img_gris;
SegoutB = img_gris;
SegoutR(BWoutline) = 255;
SegoutG(BWoutline) = 0;
SegoutB(BWoutline) = 0;
SegoutRGB = cat(3, SegoutR, SegoutG, SegoutB);
subplot(2,3,1),subimage(img),title('a) imagen original');
subplot(2,3,2),subimage(SegoutRGB),title('b) watershed');
```

Resultado

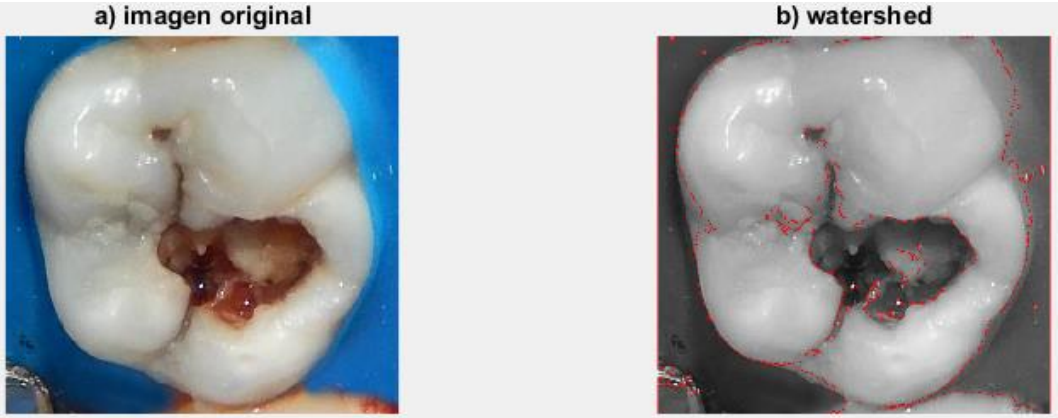


Gráfico N. 32 Transformada de watershed
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 32 literal b), es la imagen resultante aplicando la TW, se puede observar a simple vista que se realza los bordes alrededor del área afectada, además de presentar el borde de la pieza dental analizada. Se podría determinar con simple inspección una técnica que ayudará al objetivo de la investigación.

Transformada de Top-Hat

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
img_gris=rgb2gray(img);
se=strel('disk',30);
filtroTOPHAT=imtophat(img_gris,se);
contrasteAjustado = imadjust(filtroTOPHAT);
seD = strel('diamond',1);
BWfinal = imerode(contrasteAjustado,seD);
BWfinal = imerode(BWfinal,seD);
BWoutline = bwperim(BWfinal);
SegoutR = img_gris;
SegoutG = img_gris;
SegoutB = img_gris;
SegoutR(BWoutline) = 255;
SegoutG(BWoutline) = 0;
SegoutB(BWoutline) = 0;
SegoutRGB = cat(3, SegoutR, SegoutG, SegoutB);
subplot(2,3,1),subimage(img),title('a) imagen original');
subplot(2,3,5),subimage(SegoutRGB),title('b) Top - Hat');
```

Resultado

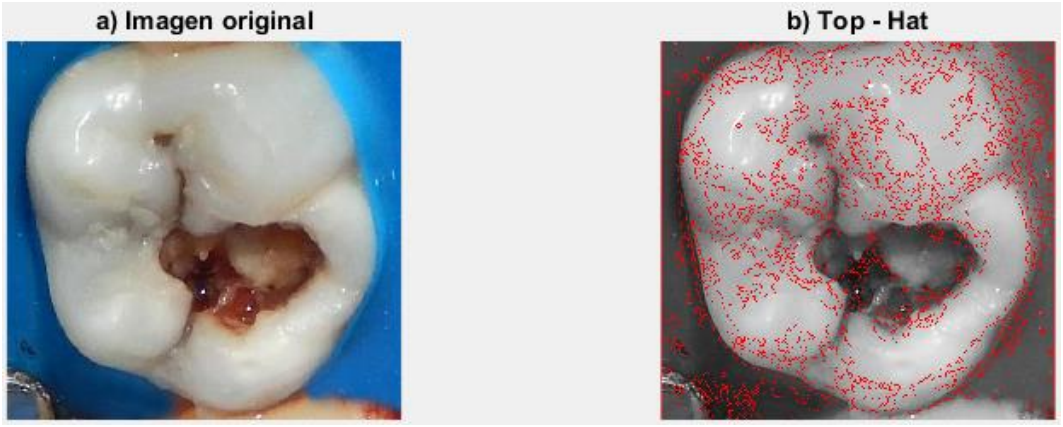


Gráfico N. 33 Transformada de Top-Hat
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 33 literal b), es la imagen resultante aplicando la técnica de segmentación de TTH, a simple vista se puede observar que la imagen presenta de forma excesiva falsos positivos al momento de aplicar esta técnica, teniendo presente que la imagen ya ha sido tratada con algunos filtros de pre-procesado y aun así nos muestra áreas segmentada que en el gráfico N.25 siendo la imagen original de la pieza dental no se encuentran afectadas por alguna carie. Es por este motivo que la técnica queda descartada.

Transformada de K-Means

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
filtro_gausiano = imnoise(img,'gaussian');
fgausiano=fspecial('gaussian');
filtro_gausiano2=imfilter(filtro_gausiano,fgausiano);
img_gris = rgb2gray(filtro_gausiano2);
T=graythresh(filtro_gausiano2);
img_binaria=im2bw(img_gris,T);
img_canny=edge(img_binaria,'canny');
[m,n] = size (img_canny);
img_canny = reshape(img_canny,m*n,1);
img_canny = double(img_canny);
img_kmedia= kmeans (img_canny,3);
img_kmedia=reshape(z,m,n);
seD = strel('diamond',1);
BWfinal = imerode(img_kmedia,seD);
BWfinal = imerode(BWfinal,seD);
BWoutline = bwperim(img_canny);
SegoutR = img_gris;
SegoutG = img_gris;
SegoutB = img_gris;
SegoutR(BWoutline) = 255;
SegoutG(BWoutline) = 0;
SegoutB(BWoutline) = 0;
SegoutRGB = cat (3,SegoutR, SegoutG, SegoutB);
figure (2),subplot(2,3,1),imshow(img),title('a) Imagen original');
figure (2),subplot(2,3,2),imshow(SegoutRGB),title('b) Algortimo k-
medias');
```

Resultado

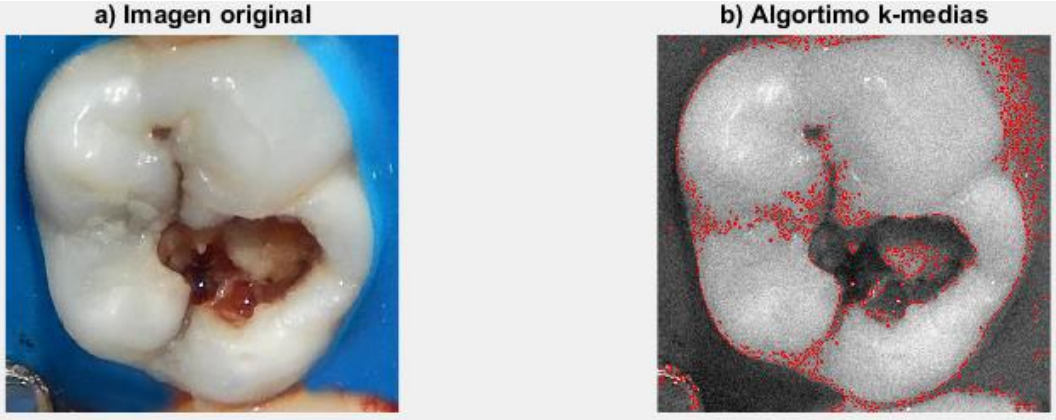


Gráfico N. 34 Transformada K-Means
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 34 literal b), es la imagen resultante aplicando la técnica de segmentación de TK-M, a simple vista se puede observar que la imagen presenta de forma regular falsos positivos al momento de aplicar esta técnica, teniendo presente que la imagen ya ha sido tratado con algunos filtros de pre-procesado como es el filtro Gaussiano, escala de grises, binario y el uso de la TC y aun así nos muestra áreas segmentada que en el gráfico N. 25 siendo la imagen original de la pieza dental no se encuentran afectadas por alguna carie. Es por este motivo que la técnica queda descartada.

Transformada Canny

Código

```
f=imread('Caso6-3b.jpg');
fgris=rgb2gray(f);
T=graythresh(fgris);
fbinaria=im2bw(fgris,T);
img_canny=edge(fbinaria,'canny');
BWoutline = bwperim(img_canny);
SegoutR = img_gris;
SegoutG = img_gris;
SegoutB = img_gris;
SegoutR(BWoutline) = 255;
SegoutG(BWoutline) = 0;
SegoutB(BWoutline) = 0;
SegoutRGB = cat(3, SegoutR, SegoutG, SegoutB);
subplot(2,3,1),subimage(f),title('a) Imagen original');
subplot(2,3,2),subimage(SegoutRGB),title('b) Canny');
```

Resultado

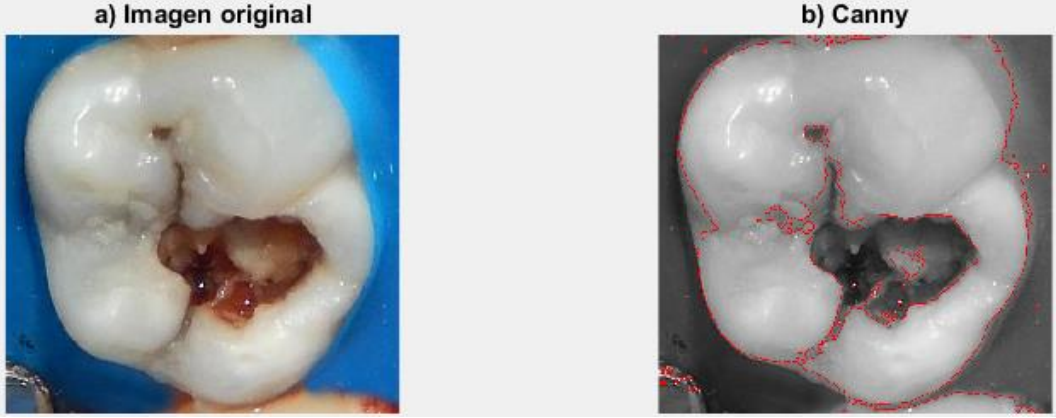


Gráfico N. 35 Transformada Canny
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 35, es la imagen resultante aplicando la TC, a simple vista se puede observar que la imagen resultante realza los bordes del área afectada y el borde de la muela que se está analizando, para llegar a este resultado la imagen se le realizó un pre-procesado a la imagen el cual fue la aplicación de conversión binaria y sobre esa imagen se le aplicó la TC.

Transformada Sobel

Código

```
img=imread('Caso6-3b.jpg');
img_gris = rgb2gray (img);
T=graythresh(img_gris);
img_binaria=im2bw(img_gris,T);
img_sobel=edge(img_binaria,'sobel');
BWoutline = bwperim(img_sobel);
SegoutR = img_gris;
SegoutG = img_gris;
SegoutB = img_gris;
SegoutR(BWoutline) = 255;
SegoutG(BWoutline) = 0;
SegoutB(BWoutline) = 0;
```

```
SegoutRGB = cat(3, SegoutR, SegoutG, SegoutB);
subplot(2,3,1),subimage(img),title('a) imagen original');
subplot(2,3,2),subimage(SegoutRGB),title('b) Sobel');
```

Resultado

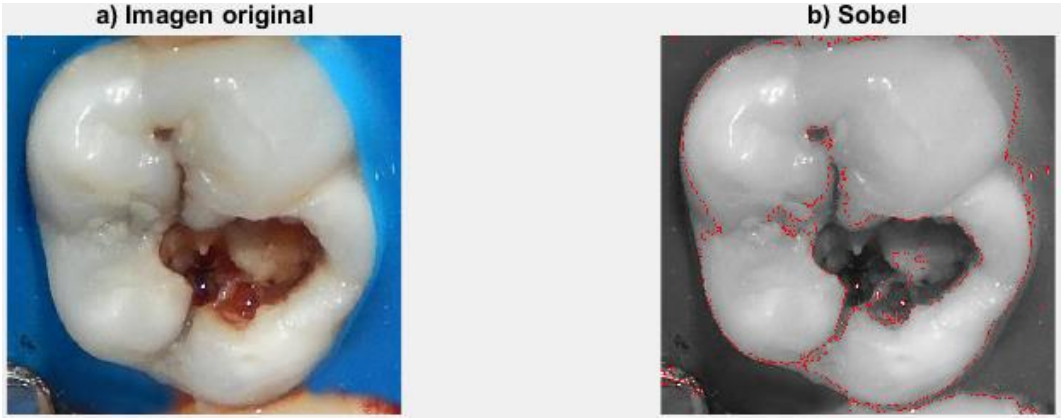


Gráfico N. 36 Transformada Sobel
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis

Como se puede observar en el gráfico N. 36 literal b), es la imagen resultante aplicando la TS, a simple vista se puede observar que la técnica realza los bordes del área afectada como los bordes de la muela analizada, para llegar a este resultado la imagen se le realizó un pre-procesado a la imagen el cual fue la aplicación de conversión binaria y sobre esa imagen se le realizo la TS.

Extracción de Características

En cuanto a la extracción de características de las piezas dentales que se desarrolló para la segmentación de la parte afectada para que visualmente se pueda apreciar la carie señalada con un borde rojo y el cálculo del área en relación de la parte afectada, así como, la parte sana de la pieza dental para saber cuál es el porcentaje en si del 100% de la pieza dental que se encuentra afectada, será de ayuda para enmarcar la carie en el cuadro clasificación de caries visuales que ofrece la ICDAS (Sistema Internacional para la Detección y Evaluación de Caries).

Segmentación Área Afectada

Para la segmentación del área afectada se desarrolló un código el cual está basado en la segmentación mediante la TS y el pre-procesamiento de imagen con la técnica de dilatación y gradiente como se describe a continuación.

1. Leer la imagen que se procederá analizar, se debe tener presente que la imagen debe ser transformada a escala de grises para que las técnicas aplicadas nos den el resultado esperado, como se observa en el gráfico N. 37.

   Código

```
Img=imread('Caso6-3b.jpg');
I = rgb2gray(Img);
figure, imshow(I), title('IMAGEN ORIGINAL');
```

Resultado

Gráfico N. 37 Imagen escala de grises
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

2. Detectar la totalidad de la área afectada, en este punto se empieza la segmentación de la imagen a analizar con la finalidad de diferenciar el fondo de la imagen, esto será gracias a la gradiente de la imagen que se obtiene mediante la TS, de manera que se utilizará la función **edge** y el operador sobel para calcular en valor del umbral y como consiguiente otra vez se aplica **edge** dando como resultado una máscara binaria de la imagen, es decir, comprendida entre 1 y 0 como se observa en el gráfico N.38.

Código

```
[~, threshold] = edge(I, 'sobel');
fudgeFactor = .5;
BWs = edge(I,'sobel', threshold * fudgeFactor);
figure, imshow(BWs), title(MASCARA BINARIA CON GRADIENTE');
```

Resultado

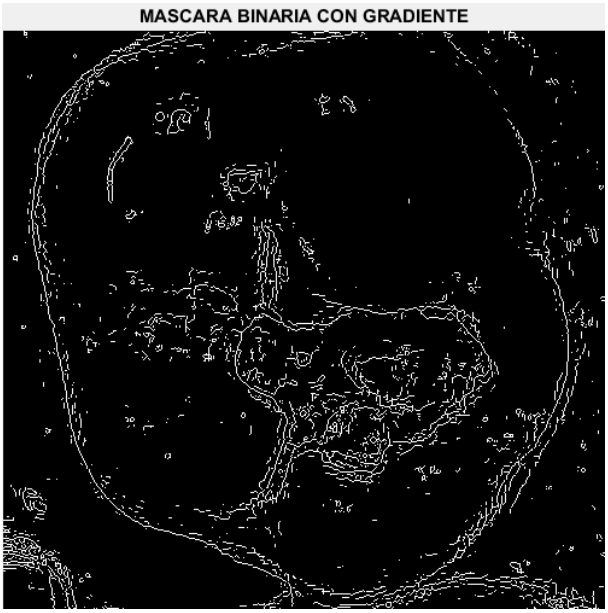


Gráfico N. 38 Imagen binaria con gradiente
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

3. Dilatación de los bordes definidos mediante TS con gradiente, en este punto las líneas con alto contraste en la imagen, de darse el caso que se aplique directamente la dilatación de los bordes, dará como resultado que desaparecerá los mismos, es por ello que se aplica una función **strel**. La máscara binaria con gradiente pasara por estructura horizontal que nos da la función **strel** y el uso de

imdilate que se encarga de la dilatación. Como se observa en el gráfico N.39.

Código

```
se90 = strel('line', 3, 90);
se0 = strel('line', 3, 0);
BWsdil = imdilate(BWs, [se90 se0]);
figure, imshow(BWsdil), title('MASCARA DILATADA CON
GRADIENTE');
```

Resultado

Gráfico N. 39 Imagen dilatada con gradiente
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

4. Rellenar el interior de los bordes dilatados con la función **imfill,** de esta manera se obtendrá de manera binaria el interior del área afectada. Como se observa en el gráfico N.40.

Código

```
BWdfill = imfill(BWsdil, 'holes');
figure, imshow(BWdfill);
title('IMAGEN BINARIA CON HUECOS RELLENADOS');
```

Resultado

Gráfico N. 40 Imagen binaria con huecos rellenados
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

5. Quitar objetos que estén fuera de frontera de los bordes, es decir, segmentos no completos, de ser el caso que el área afectada se encuentre otro objeto reconocido, pero sin que el borde se complete excluyendo el contorno de la imagen, esto se obtiene gracias a la función **imclearborder** declarando '4' para eliminar conexiones diagonales. Como se observa en el gráfico N. 41.

Código

```
BWnobord = imclearborder(BWdfill, 4);
figure, imshow(BWnobord), title('IMAGEN CON BORDES
LIMPIOS');
```

Resultado

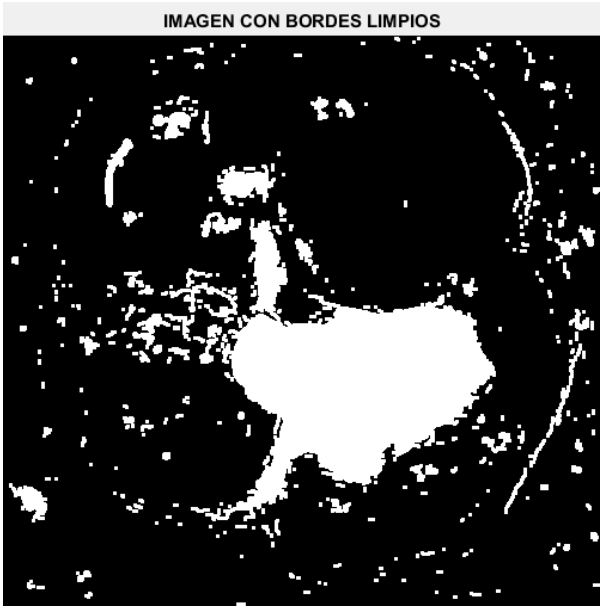


Gráfico N. 41 Imagen con bordes limpios
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

6. Suavizado de la imagen, se tiene como finalidad que el área afectada tenga un aspecto natural, nos ayudamos con la función **strel** con la estructura de diamante y se procede a realizar este método dos veces para tener un resultado óptimo. Como se muestra en el gráfico N.42.

Código

```
seD = strel('diamond',4);
BWfinal = imerode(BWnobord,seD);
BWfinal = imerode(BWfinal,seD);
figure, imshow(BWfinal), title('REGIONES SUAVIZADA');
```

Resultado

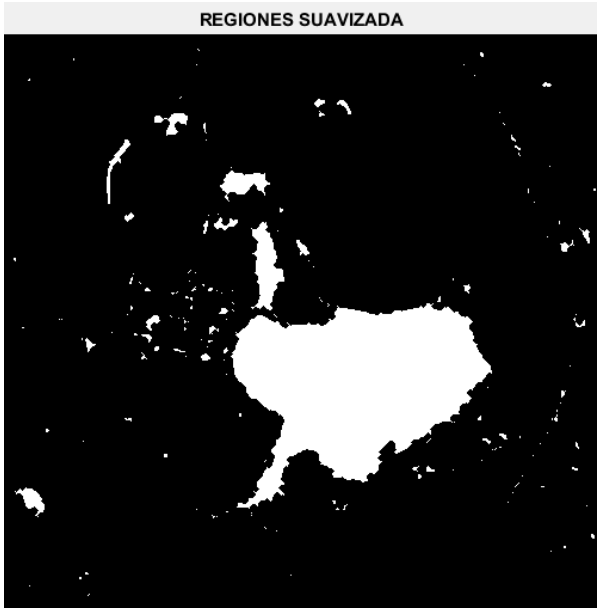


Gráfico N. 42 Imagen regiones suavizadas
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

7. Como punto final el método aplicar para mostrar el área segmentada con el área en el contorno de la imagen original con ayuda de la función **bwperim**. Como se observa en el gráfico N. 43**.**

Código

```
BWoutline = bwperim(BWfinal);
SegoutR = I;
SegoutG = I;
SegoutB = I;
SegoutR(BWoutline) = 255;
SegoutG(BWoutline) = 0;
SegoutB(BWoutline) = 0;
SegoutRGB = cat(3, SegoutR, SegoutG, SegoutB);
figure, imshow(SegoutRGB), title('IMAGEN CON BORDES
SEGMENTADOS');
```

Resultado

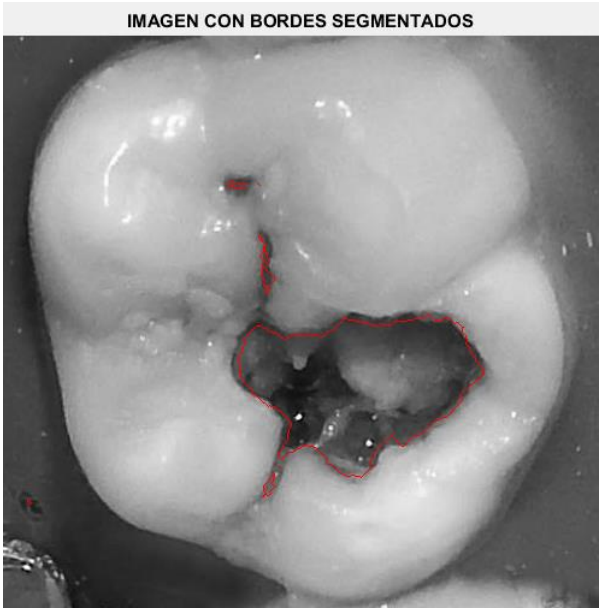


Gráfico N. 43 Imagen con bordes segmentados
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Cálculo Área de la Pieza Dental

Para el cálculo tanto del área afectada por la caries como el área total de la pieza dental, se utilizó la función **bwarea**, la cual calcula el área de una imagen en binario dando el resultado en pixeles, en este caso se convierte la imagen de prueba a escala de grises y posteriormente a binario, de tal manera que esto ayuda al cálculo del área afectada y sana de la pieza dental. Mediante un cálculo por regla de tres se saca el porcentaje en relación al cien por ciento del área de la pieza dental. Como se puede observar a continuación en el código y resultado, como se observa en el gráfico N. 44.

Código

```
img=imread('Caso6-3B.jpg');
```

```
%Convertir a escala de grises
img_gris = rgb2gray (img);
%Convertir a binaria
T=graythresh(img_gris);
BW=im2bw(img_gris,T);
%área sana
img_binaria=BW;
AreaSana=bwarea(img_binaria);
%área afectada
BW2 = ~BW;
AreaAfctada=bwarea(BW2);
%vs
TotalMuela = AreaSana+AreaAfctada;
Por_AreaAfectada=(100*AreaAfctada)/TotalMuela;
Por_AreaSana=(100*AreaSana)/TotalMuela;
%Áreas
fprintf('Área Total %G\n',TotalMuela);
fprintf('Área Sana %G\n',AreaSana);
fprintf('Área Afectada %G\n',AreaAfctada);
%Porcentaje del área
fprintf('Porcentaje Área Afectada %% %.2f\n',Por_AreaAfectada);
fprintf('Porcentaje Área Sana %% %.2f\n',Por_AreaSana);
```

Resultado

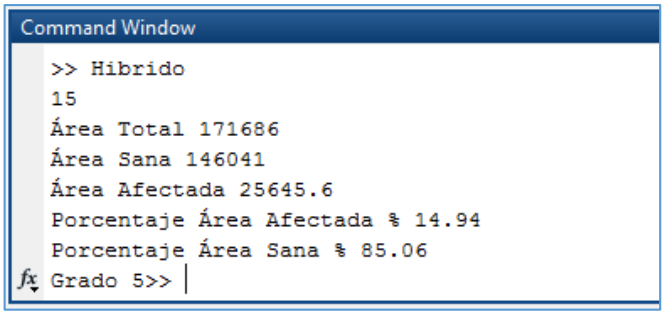


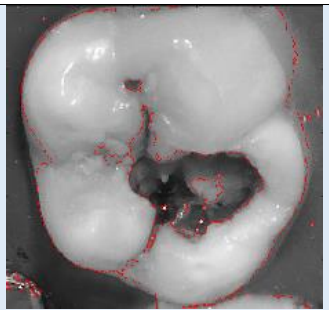
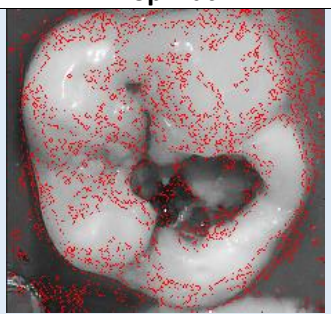
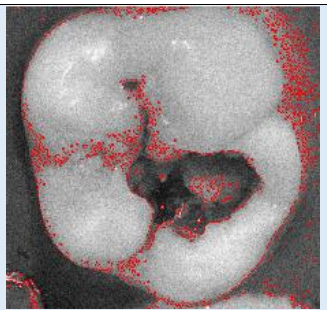
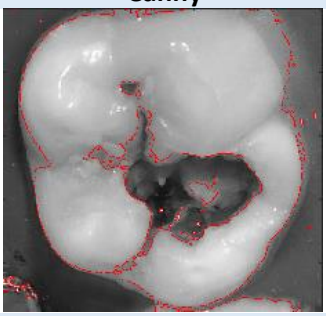
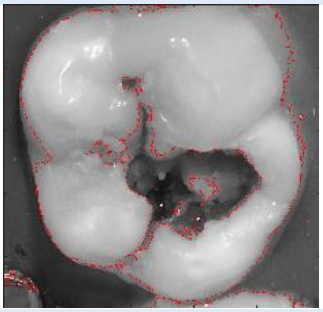
Gráfico N. 44 Resultado de cálculo del área
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Análisis Comparativo

A continuación, se describirá brevemente en que consiste cada técnica de segmentación usadas para realizar la comparativa entre ellas, como se muestra en el cuadro N 21.

Cuadro N. 21

Comparativo de las técnicas de segmentación

Watershed	Top-Hat	K-Means
		
TW es una técnica que se encarga de diferenciar los puntos altos y bajos representándolo como montañas y ríos. Aplicando esta técnica a la pieza dental nos revela el área afectada y el contorno de la misma.	TTH siendo una técnica de morfología extrayendo las zonas brillantes de una imagen a escala de grises, pero el problema que al trabajar con una imagen que posee varias tonalidades de blancos y la formación de brillos con mayor frecuencia, da como resultado falso positivo y lo que en realidad segmenta es las áreas más brillantes. Motivo por el cual esta técnica queda descartada.	TK-M es un algoritmo enfocado a la resolución de clusterización, en el análisis de imágenes lo que realiza es a partir de un pixel tomado del centro de la imagen para comparar dando como resultado la segmentación de las áreas limitantes, pero como se puede observar da un falso positivo en ciertas áreas en las cuales la iluminación no es la adecuada para esta técnica. Motivo por el cual esta técnica queda descartada.
Canny		**Sobel**
		
TC utiliza un algoritmo capaz de reconocer múltiples bordes de una imagen con la característica de que es difícil que se creen falsos positivos. Aplicando esta técnica a la pieza dental nos revela el área afectada y el contorno de la misma.		TS utiliza un algoritmo diferencial discreto que permite calcular una aproximación de la gradiente con respecto a la intensidad de la imagen por cada pixel de la misma, así como el sentido que va desde claro a oscuro. Aplicando esta técnica a la pieza dental nos revela el área afectada y el contorno de la misma.

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Criterio de Toma de Decisión

Como criterio para la toma de decisiones se utilizó como referencia la tabla de clasificación de caries dada por la ICDAS, en la cual se detalla el tipo de carie desde la perspectiva visual y el porcentaje de afectación que se encuentra en la pieza dental clasificándola en grados, como se detalla a continuación.

Cuadro N. 22

Cuadro de Clasificación de Caries Visuales según ICDAS (Resumido)

Términos Comunes ICDAS	**Sano**	**Lesión Temprana de Carie**		**Carie No Penetrante**		**Carie Penetrante**	
Términos Dentales ICDAS	Sano	Lesión de caries observadas en superficie seca	Lesión de caries observadas en superficie húmeda	Ruptura localizada del esmalte sin dentina visible	Sombra oscura subyacente de dentina	Cavidad con dentina visible	Cavidad extensa con dentina visible

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido por parte del ICDAS.

En el cuadro N. 22, se puede observar en la primera fila los términos comunes que se usan para la identificación de las caries en las piezas dentales usando tonos de colores para describir visualmente la gravedad de la misma, en la segunda fila se detalla los términos que usa la ICDAS para identificar la carie en cuanto a la afectación del esmalte y la dentina, la última fila detalla el grado dado por la ICDAS siendo este la información más relevante e importante para el proyecto de investigación ya que a partir de ello se determinara mediante la extracción de características de las piezas dentales en qué grado se encuentra la carie de las imagen analizada. Para visualización del cuadro completo revisar anexo N.5.

Cuadro N. 23

Cuadro de Porcentaje según los Grados de la ICDAS

Grado ICDAS	Porcentaje Área Afectada	
	Mínimo	Máximo
1	0,5%	4,30%
2	4,31%	9,69%
3	9,70%	11,35%
4	11,36%	13,90%
5	13,91%	35,10%
6	35,11%	MAYOR

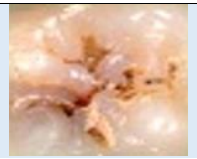
Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

En el cuadro N. 23, se detalla a partir de los grados dados por la ICDAS y la utilización del código referente al cálculo del área afectada y sana a partir de las imágenes que usa como ejemplo visual por la ICDAS, en el cuadro N. 24 se especifican más detalle. Lo primero que se procedió a realizar es un pre-procesamiento de la imagen el cual consiste el cambio de tamaño a 500px, en cuanto a efectos se convirtió la imagen en escala de grises, corrección de contraste y enfoque dando como resultado una imagen en formato **TIFF** para ello se utilizó la herramienta online **FixPicture.org**.

Una vez realizado este pre-procesamiento de las imágenes, se procedió al cálculo del área, con estos resultados se enmarco un máximo y mínimo entre la relación de cada grado de la ICDAS y el porcentaje del área afectada de las imágenes de muestra de la ICDAS.

Cuadro N. 24.

Detallado de grado de caries ICDAS

Código ICDAS		0	1	2	3	4	5	6
Imagen								
Definiciones		Superficie dentaria sana; sin cambios después de secar con aire o hipoplasia, desgaste, erosión u otros fenómenos cariosos	Primer cambio visible en esmalte, visible solo después de aplicar aire o ligero cambio de coloración , conducto al área de fosas y fisuras	Cambio distintivo en esmalte visible estando húmedo blanco o coloreado en fisura o fosa	Destrucción localizada de esmalte sin dentina visible discontinuidad de la superficie del esmalte ensanchamiento de la fisura	Sombra obscura en dentina subyacente con o sin destrucción localizada de esmalte	Cavidad evidente con dentina visible; involucra menos de la mitad de la superficie dentaria	Extensa cavidad evidente en dentina; cavidad profunda y amplia, abarca más de la mitad del diente
Porcentaje	MIN		0,5%	4,31%	9,70%	11,36%	13,91%	35,11%
	MAX		4,30%	9,69%	11,35%	13,90%	35,10%	MAYOR

Profundidad histológica		90% de la fosa o fisura ubicada en esmalte, 10% en dentina	50% de lesión de fosas y fisuras en esmalte y otro 50% en dentina	77% de la profundidad de lesión en dentina	88% de la profundidad de la lesión en dentina	Lesión se encuentra al 100% en dentina	Lesión alcanza nervio interno de la dentina
Recomendaciones para sellante/obstrucción (bajo riesgo)	Sellante Opcional	Sellante Opcional	Sellante Opcional o biopsia de carie	Necesidad de sellante o restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva
Recomendaciones para sellante/obstrucción (moderado riesgo)	Sellante Opcional	Sellante Recomendado	Sellante Opcional o biopsia de carie	Necesidad de sellante o restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva
Recomendaciones para sellante/obstrucción (alto riesgo)	Sellante Recomendado	Sellante Recomendado	Sellante Recomendado o biopsia de carie	Necesidad de sellante o restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva
Recomendaciones para sellante/obstrucción (riesgo extremo)	Sellante Recomendado	Sellante Recomendado	Sellante Recomendado o biopsia de carie	Necesidad de sellante o restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva	Restauración mínimamente invasiva

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Análisis de Factibilidad

Mediante el análisis de factibilidad que se realiza a continuación y mediante las respectivas herramientas se formula las posibilidades de éxito que tendrá el desarrollo de la investigación y la aplicación de la misma. Para la cual se detalla las factibilidades analizadas en el proyecto:

- Factibilidad operacional.
- Factibilidad técnica.
- Factibilidad legal.
- Factibilidad económica.

Factibilidad Operacional

La utilización de técnicas de segmentación de imágenes aplicadas al análisis de imágenes digitales odontológicas tiene como propósito el procesamiento de imágenes para facilitar o ayudar a la toma de decisiones en el ámbito de la medicina, específicamente en el área odontológica. Al momento en la Universidad de Guayaquil en la carrera de Odontología no existe el desarrollo de un algoritmo que tenga como propósito el análisis digital de imágenes que ayude a los estudiantes o profesionales en la toma de decisiones de una imagen que previamente ha sido sometida al análisis mediante técnicas de segmentación de imágenes.

La aplicación de las técnicas de segmentación para el análisis de imágenes digitales está directamente relacionada con los profesionales o estudiantes

que son los encargados de realizar la inspección de la cavidad bucal de pacientes que pueden sufrir de algún tipo de patología en sus piezas dentales, con la ayuda de la captura de imágenes de la o las piezas dentales afectadas y su posterior análisis permitirá que el profesional o estudiante tenga una mejor perspectiva de lo que pudiese afectar a dicha pieza dental.

Factibilidad Técnica

Actualmente los profesionales o estudiantes realizan procesos manuales para la inspección de las piezas dentales y de acuerdo a ese proceso toman la decisión, al contrario de los que se realiza aplicando las técnicas de segmentación que el proceso manual que se tiene que realizar es la captura de la imagen de la pieza afectada, que se la capturará con la cámara Nikon Coolpix L820 y posteriormente esa imagen capturada será sometida al análisis de imágenes mediante la utilización de algoritmos de las diferentes técnicas de segmentación utilizadas dentro del proyecto que están desarrollados en la plataforma de la herramienta Matlab en la versión r2015b.

Cuadro N. 25.
Matriz de tecnología a usarse

Tecnología	Versión o Modelo
Herramienta de desarrollo	Matlab r2015b
Sistema operativo	Microsoft Windows 10
Herramienta de captura de imagen	Cámara Nikon Coolpix L820

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Factibilidad Legal

En el desarrollo del proyecto se toma como referencia las regularizaciones estipuladas en el COIP (Código Orgánico Integral Penal), específicamente en los artículos que abordan la mala práctica médica, así mismo se toma como base las regularizaciones que se estipulan en el código de ética de la FOE (Federación Odontológica Ecuatoriana).

Uno de los artículos del COIP como lo es el artículo 156 nos indica que,

> *"Los médicos, enfermeras, farmacéuticas, practicantes, empleados de casas de salud o propietarios de farmacias o droguerías que, desobedeciendo órdenes de autoridad competente, paralizaren los servicios o se abstuvieren de prestar su colaboración a los que necesitaren de ellos, serán reprimidos con prisión de uno a cinco años y multa de treinta y cinco a setenta dólares de los Estados Unidos de Norte América. Se aplicará el máximo de las penas previstas en este artículo a los miembros de las organizaciones profesionales que hubieren incitado a la comisión de tales hechos, si éstos se hubieren consumado".*

El código de ética de la FOE en su artículo 1 sostiene,

"*El presente artículo nos indica las normas de acción que debe tener un profesional en la Odontología según el código de ética profesional para odontólogos de la FOE.*

1. *El profesional Odontólogo es una persona que brinda servicios a la Sociedad y debe someterse a las exigencias que se presenten de la naturaleza y dignidad humana.*
2. *El Odontólogo debe propender a la incrementación de sus conocimientos y de su cultura general, desempeñando una intachable honestidad en el desempeño de su actividad, para así, poder mantener y aumentar el prestigio de su profesión.*
3. *El odontólogo en las actividades que realiza deberá emplear sus conocimientos de manera que brinde seguridad al paciente y no de manera ilegal o inmoralmente. Deberá hacer respetar su profesión y procederá en todo momento con la debida prudencia y honorabilidad que la sociedad exige.*
4. *En la realización del ejercicio de su profesión no tendrá preferencias de raza, nacionalidad, religión, nivel socio-económico, ni de convicciones políticas.*
5. *La conducta que muestre el odontólogo tendrá una gran influencia y repercutirían en el prestigio de la profesión y deberá ser defendida de todo comentario desfavorable."*

Factibilidad Económica

Dentro del desarrollo del proyecto, en los puntos de la descripción de la factibilidad operativa y económica se detalla que no existe la necesidad de realizar algún tipo de inversión ya sea en la parte de hardware o en software ya que se utiliza una herramienta de desarrollo de código abierto en lo que respecta a software y en cuanto a hardware la cámara es propiedad de la Dra. Andrea Coral quien nos facilitó las imágenes para el desarrollo de la investigación.

A continuación, se detallan los costos del desarrollo del proyecto.

Cuadro N. 26

Matriz de inversión en recurso humano

Inversión en recurso humano requerido			
Cargo	**Costo**	**Cantidad**	**Total**
Investigador	$500,00	2	$1.000,00
TOTAL			**$1.000,00**
Total de inversión			$0,00

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Cuadro N. 27

Matriz de inversión de hardware

Inversión en recurso humano requerido			
Equipo	**Costo**	**Cantidad**	**Total**
Computador	$700,00	2	$1400,00
Cámara Nikon Coolpix L820	$400,00	1	$400,00
TOTAL			**$1.800,00**
Total de inversión			$0,00

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Cuadro N. 28

Matriz de inversión de software

Inversión en recurso humano requerido			
Equipo	**Costo**	**Cantidad**	**Total**
Matlab	$29,00	1	$29,00
Microsoft Windows 10	$0,00	1	$0,00
Explorador web	$0,00	3	$0,00
TOTAL			**$29,00**
Total de inversión			$0,00

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

Cuadro N. 29

Matriz de resumen de costos

Rubros	**Fuente**		**Total**
	Estudiantes	Institución	
Recurso humano	$1.000,00	$0,00	$1.000,00
Recurso de hardware	$1.800,00	$0,00	$1.800,00
Recurso de software	$29,00	$0,00	$29,00
Total	**$2.829,00**	**$0,00**	**$2.829,00**

Nota. Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex. Obtenido de datos de la investigación

CAPITULO IV: RESULTADOS

Identificación de caries y clasificación de la caries

Una vez realizado el análisis comparativo entre las técnicas de segmentación de imágenes y verificando el resultado que arrojaron al momento de someter a pruebas las imágenes digitales de las piezas dentales, se determinó que la transformada de Sobel es la que ayudará a

la creación del código encargado de identificar el área afectada como se muestra en el gráfico N. 45.

Una vez que la parte afectada es segmentada, se procede al cálculo del área en relación al total de la muela y la parte afectada dando el resultado por pixeles analizados, llevando estos resultados a porcentaje con la finalidad de ubicarlos en la tabla de identificación de caries dada por la ICDAS donde:

- Grado 1: 0,5% a 4,3%
- Grado 2: 4,31% a 9,69%
- Grado 3: 9,7% a 11,35%
- Grado 4: 11,36% a 13,9%
- Grado 5: 13,91% a 35,1%
- Grado 6: 35,11% o mayor

A continuación, se muestra el código final para la realización de la extracción de características y encasillamiento del grado de carie.

```
Img = imread('Caso6-3b.jpg');
I = rgb2gray(Img);
T=graythresh(I);
BW=im2bw(I,T);
 [~, threshold] = edge(I, 'sobel');
fudgeFactor = .5;
BWs = edge(I,'sobel', threshold * fudgeFactor);
se90 = strel('line', 3, 90);
se0 = strel('line', 3, 0);
BWsdil = imdilate(BWs, [se90 se0]);
BWdfill = imfill(BWsdil, 'holes');
BWnobord = imclearborder(BWdfill, 4);
seD = strel('diamond',4);
```

```
BWfinal = imerode(BWnobord,seD);
BWfinal = imerode(BWfinal,seD);
BWoutline = bwperim(BWfinal);
SegoutR = I;
SegoutG = I;
SegoutB = I;
SegoutR(BWoutline) = 255;
SegoutG(BWoutline) = 0;
SegoutB(BWoutline) = 0;
SegoutRGB = cat(3, SegoutR, SegoutG, SegoutB);
figure (1), imshow(SegoutRGB), title('IMAGEN CON BORDES
SEGMENTADOS');

%área buena
BW=bwareafilt(BW,[97000 1000000]);
img_binaria=BW;
AreaSana=bwarea(img_binaria);

%área afectada
BW2 = ~BW;
BW2=bwareafilt(BW2,[1 25000]);
AreaAfctada=bwarea(BW2);

%área total de la muela
figure(2), imshowpair(img_binaria,BW2,'montage')
TotalMuela = AreaSana+AreaAfctada;
Por_AreaAfectada=(100*AreaAfctada)/TotalMuela;
Por_AreaSana=(100*AreaSana)/TotalMuela;
fprintf('%d\n',round(Por_AreaAfectada));

%Áreas
fprintf('Área Total %G\n',TotalMuela);
fprintf('Área Sana %G\n',AreaSana);
fprintf('Área Afectada %G\n',AreaAfctada);

fprintf('Porcentaje Área Afectada %% %.2f\n',Por_AreaAfectada);
fprintf('Porcentaje Área Sana %% %.2f\n',Por_AreaSana);

if(Por_AreaAfectada>=0)
    fprintf('SANA');
elseif(Por_AreaAfectada>1.00 && Por_AreaAfectada<4.30)
    fprintf('Grado 1');
elseif(Por_AreaAfectada>4.31 && Por_AreaAfectada<9.69)
    fprintf('Grado 2');
elseif(Por_AreaAfectada>9.70 && Por_AreaAfectada<11.37)
    fprintf('Grado 3');
elseif(Por_AreaAfectada>11.38 && Por_AreaAfectada<13.90)
    fprintf('Grado 4');
elseif(Por_AreaAfectada>13.91 && Por_AreaAfectada<35.09)
    fprintf('Grado 5');
else
    fprintf('Grado 6');
end
```

Una vez ejecutado el código se muestra el resultado obtenido en el grafico N. 45, se encuentra segmentada de color rojo el área afecta por presencia de una caries, en el grafico N. 46, nos muestra el área de la muela 171686 px, zona sana 146041 px y zona afectada 25645,6 px, como consiguiente en porcentaje la zona sana que es 85,06 % y la zona afectada corresponde al 14,94%. Finalmente se muestra el grado de la caries, en este ejemplo o practica encasilla en grado 5, el cual corresponde a una carie penetrante según el cuadro que se encuentra en el anexo N. 6.

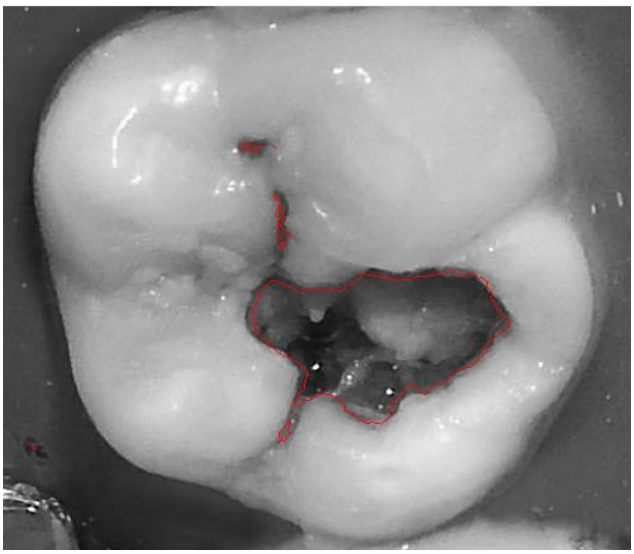


Gráfico N. 45 Área afectada segmentada
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

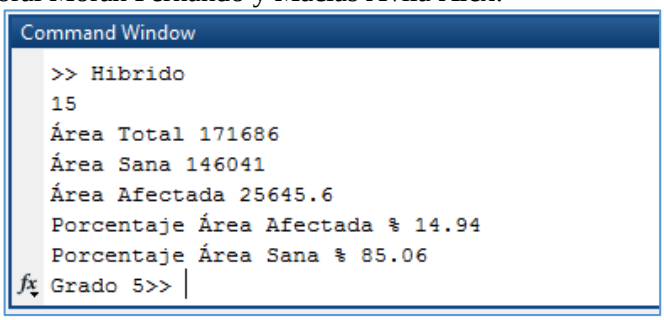


Gráfico N. 46 Resultado del cálculo del área de la pieza dental
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Otras pruebas realizadas

Estas pruebas se realizaron a las piezas que se encuentran en el anexo N. 5 para la identificación del área afectada y clasificación de la carie según la ICDAS.

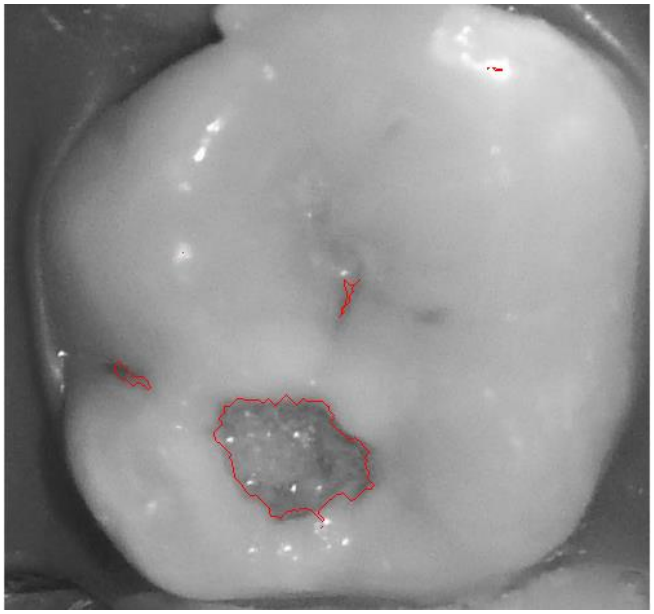


Gráfico N. 47 Caso 2, segundo pre-molar izquierdo
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

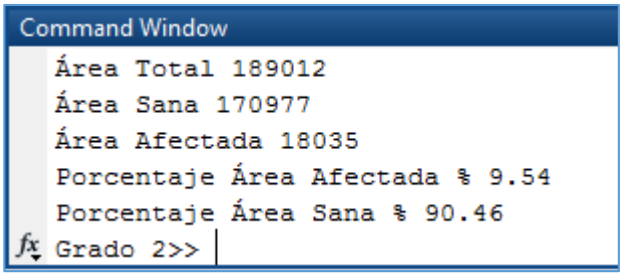


Gráfico N. 48 Resultado del gráfico N. 36
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Como se puede observar en el gráfico N 47, se encuentra el área segmentada la cual corresponde al 9,54% lo cual nos indica el porcentaje que ocupa la carie en la pieza dental y esto lo ubica como una carie de Grado 2.

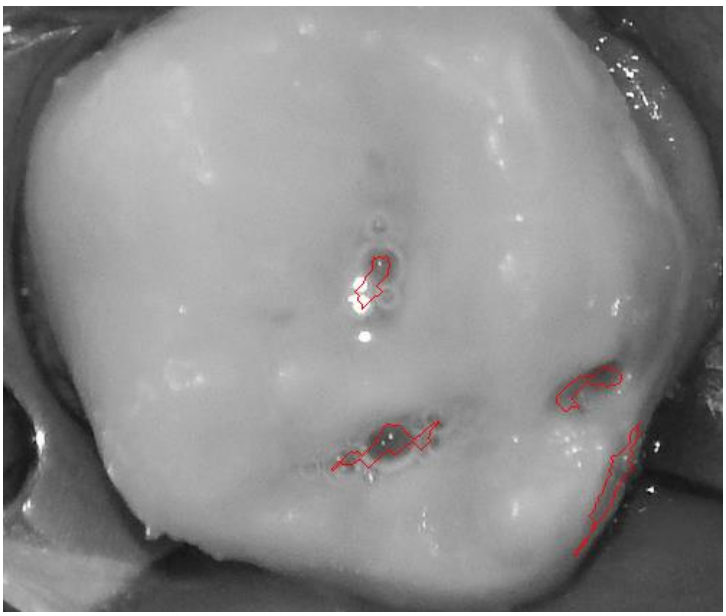


Gráfico N. 49 Caso 2, segundo pre-molar derecho
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

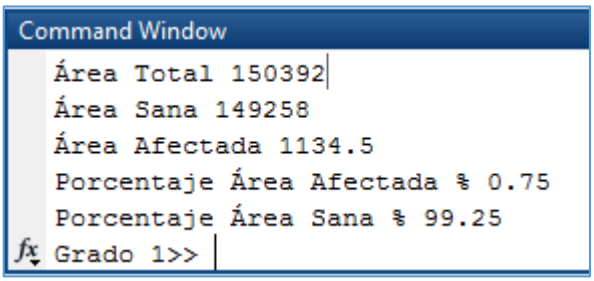


Gráfico N. 50 Resultado del gráfico N. 38
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Como se puede observar en el gráfico N 49, se encuentra el área segmentada la cual corresponde al 0,75% lo cual nos indica el porcentaje que ocupa la carie en la pieza dental y esto lo ubica como una carie de Grado 1.

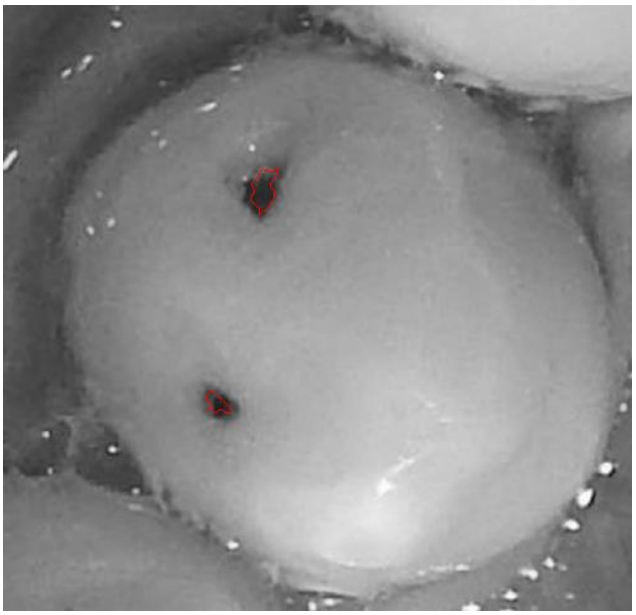


Gráfico N. 51 Caso 5, primer pre-molar izquierdo
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

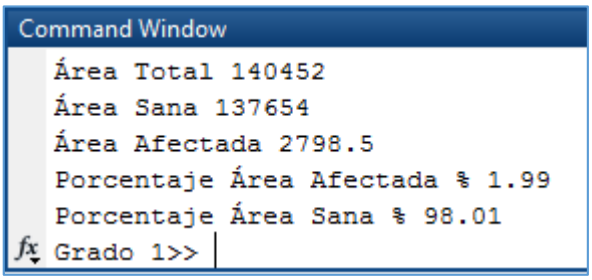


Gráfico N. 52 Resultado del gráfico N. 40
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Como se puede observar en el gráfico N 51, se encuentra el área segmentada la cual corresponde al 1,99% lo cual nos indica el porcentaje que ocupa la carie en la pieza dental y esto lo ubica como una carie de Grado 1.

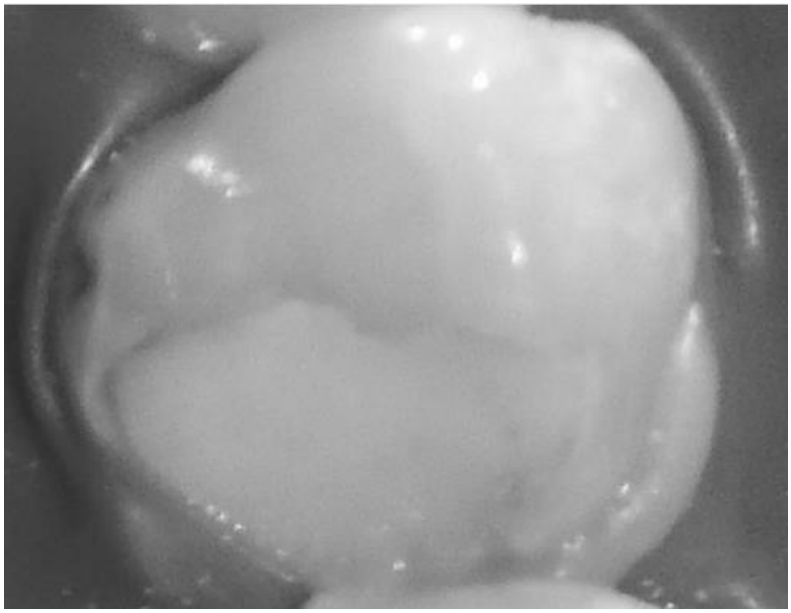


Gráfico N. 53 Caso 2, primer pre-molar izquierdo
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

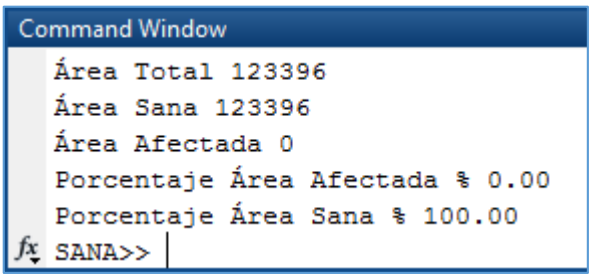


Gráfico N. 54 Resultado del gráfico N. 34
Elaborado por Coral Morán Fernando y Macías Ávila Alex.

Como se puede observar en el gráfico N. 53, se encuentra el área segmentada la cual corresponde al 0% lo cual nos indica el porcentaje que

ocupa la carie en la pieza dental y esto nos indica que la pieza dental no tiene afectación alguna.

En función a lo que se quiere responder en la formulación del problema decimos que de todas las técnicas representadas en cuanto a segmentación de imágenes aplicada a piezas dentales destacan: Watershed, Sobel y Canny. Sin embargo, la que mejores resultados ha presentado es Sobel por la apertura y flexibilidad que muestra dentro del procesamiento de imágenes. La cual nos deja muy próximo a las respuestas que toman los odontólogos. Si este tipo de algoritmos lo representamos a través de inteligencia artificial apoyándonos con el manejo de incertidumbre como lo hace la lógica difusa podemos llegar a tener un sw que sea capaz de darle tratamiento a una pieza dental apoyado en las técnicas de segmentación de imágenes y que las tomas de decisiones de la mismas estén apoyadas en lógica difusa para que el sistema pueda llegar a ser autónomo. Lo que se puede hacer es trabajar en posibles errores que pueda llegar a mostrar en una buena base de datos, la comparación de expertos con los datos experimentales de esa base de datos para poder enfatizar cuál de las técnicas, siendo en este proyecto de investigación la técnica que mejor resultados nos ha dado es Sobel en esta pequeña base de datos que se ha podido recopilar.

CONCLUSIONES

Una vez culminado el proyecto de investigación llegamos a las siguientes conclusiones:

- Gracias al estudio previo realizado en el tema del procesamiento digital de imágenes se puede determinar que se ha visto un gran avance en diferentes ramas de la ciencia y la tecnología y no es la excepción la odontología que, a partir de una imagen de una pieza dental mediante técnicas de segmentación se puede realizar un diagnóstico de algún tipo de patologías que pudiesen afectar a la pieza dental, las cuales pueden ser: caries, gingivitis y descalcificación dental.
- La obtención de imágenes digitales de piezas dentales para la creación de una base de datos, la cual fue almacenada en la nube usando Dropbox, además fue de gran aporte para la investigación ya que permitió que se realicen varias pruebas de segmentación con diferentes imágenes y diferentes tipos de caries alojadas en las piezas dentales. Entre más imágenes se puedan obtener se puede llegar a discernir mejor una patología y realizar un mejor diagnóstico.
- Matlab es una herramienta muy versátil que ayuda al proceso de segmentación mediante la aplicación de las diferentes técnicas o métodos de segmentación de imágenes como son: transformada de Watershed, Canny, Sobel, k-Means y Top-Hat. Es por esto que se utilizó esta herramienta ya que su versatilidad ayudó a obtener los

resultados esperados por cada una de las técnicas descritas durante la investigación.

- La comparación de las diferentes técnicas de segmentación utilizadas a lo largo de la investigación como lo fueron: la transformada de Watershed, transformada de K-Means, transformada de Top–Hat, transformada de Sobel y transformada de Canny. Se pudo concluir de acuerdo a los resultados obtenidos que la técnica que nos permite extraer los mejores resultados es la transformada de Sobel, ya que usando MATLAB para representarla nos presta varias funciones para esta técnica y así tener un mejor tratamiento de las imágenes digitales de piezas dentales.

RECOMENDACIONES

- Se deja abierta la posibilidad de utilizar las técnicas de Canny y Watershed para tratar otras patologías como la descalcificación que se presentan en las piezas dentales y la inflamación de los tejidos que ayudará a tratar la gingivitis que se pueden presentar dentro de la cavidad bucal por diferentes causas como los puede ser una mal higiene bucal, tabaco, entre otras.
- Así mismo, se deja abierta la posibilidad de utilizar otros lenguajes de programación que ayuden al procesamiento digital de imágenes como lo son: Python, Open CV y Orange Canvas, estas herramientas también nos pueden ayudar a el análisis de imágenes digitales para la toma de decisiones en tratamientos odontológicos y otras patologías que se presenten en el cuerpo humano.
- Se debe hacer uso de técnicas de segmentación adecuada para el tipo de estudio o investigación que se realice en la línea de segmentación de imágenes, ya que de la elección de las técnicas se obtendría el resultado óptimo y así, no tener algún tipo de imperfecciones o la perdida de información, dando la posibilidad que la obtención de imágenes digitales desde otros ángulos para así abarcar mayor información que ayudará a la toma de decisiones en tratamiento odontológico.

- El presente proyecto de investigación se puede tomar como base para futuras investigaciones en el campo de la tecnología en lo que respecta a la utilización de técnicas de segmentación como son las ya mencionadas durante el desarrollo del proyecto de investigación para el procesamiento de imágenes digitales, con la ayuda de las diferentes técnicas se puede dar una interpretación de cada uno de los objetos presente en las imágenes procesadas y así poder determinar un análisis de la misma y posteriormente realizar un diagnóstico de las características extraídas para la ayuda de toma decisiones de otras patologías como pueden ser gingivitis y descalcificación.

BIBLIOGRAFÍA

Riveros Guevara Adriana;, Salas López Cindy;, & Leonardo Solaque Guzmán. (2013). Proximación a la navegación autónoma de una plataforma móvil, mediante visión estereoscópica artificial. Ciencia E Ingeniería Neogranadina, 22(2), 111–129.

Gálvez, S. (2014). Operadores de detección de bordes. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas, 31(144), 378–381.

Camargo O.;, Arista B.;, & Camargo J. (2013). Digital processing of fractographic images for welded joints on microalloy steel API5L-X52 aged. IEEE Latin America Transactions, 11(1), 172–176. https://doi.org/10.1109/TLA.2013.6502798

Ruiz Rivera, María; Yarasca Carranza, Juan; Ruiz Lizama, E. (2013). Análisis de la compresión de imágenes utilizando clustering bajo el enfoque de colonia de hormigas. Redalyc - Industrial Data, 16(2), 118–131.

Pelaez, J. I., Vaccaro, G., & Guijarro, A. (2015). Un modelo para la categorización de hormigones mediante procesamiento digital de imágenes. CISCI 2015 - Decima Cuarta Conferencia Iberoamericana En Sistemas, Cibernetica E Informatica, Decimo Segundo Simposium Iberoamericano En Educacion, Cibernetica E Informatica, SIECI 2015 - Memorias, 13(1), 223–227.

Ruiz Rivera, María Elena; Yarasca Carranza, Juan Eduardo; Ruiz Lizama, E. (2012). Segmentation of phase contrast magnetic resonance imaging to study the dynamic of perimedullary cerebrospinal fluid. Acta Biologica Colombiana, 15(3), 213–220.

Yepes, J. L. (2012). Modelo de taller de lectura cient??fica: “Soldados de salamina”, novela y filme. Ibersid, 6, 89–94.

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. Investigación En Educación Médica, 2(7), 162–167. https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72706-6

Fernández, F. (2002). El Análisis De Contenido Como Ayuda Metodológica Para La Investigación. Revista de Ciencias Sociales

(Cr), II(96), 35–53. Retrieved from http://www.redalyc.org/pdf/153/15309604.pdf

Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica. https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2, 6ª Edición, Páginas 145

Argüello, C. (2009). y tecnología lectura científica Dr. Carlos Argüello departamento de ciencias, 1–53.

Gonzalez Betancourt, A; Roduíguez Ribalta, P; Orozco Morales, R. (2017). Marcadores para Segmentación Watershed Usando Transformada de Radon Watershed. Redalyc- Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 11(1), 136–152.

González Sanz, Á. M., Aurora, B., Nieto, G., & González Nieto, E. (2013). Salud dental: relación entre la caries dental y el consumo de alimentos. Nutr Hosp, 28(4), 64–71.

Álvarez Cáceres, R. (1996). El método científico en las ciencias de la salud : las bases de la investigación biomédica. Ediciones Díaz de Santos.

Mart, M. (2004). Técnicas Clásicas de Segmentación de Imagen, (1), 1–23.

Gonzalez Betancourt, A; Roduíguez Ribalta, P & Orozco Morales, R. (2017). Marcadores para Segmentación Watershed Usando Transformada de Radon Watershed. Redalyc- Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 11(1), 136–152.

Martín, A., Pérez, B., Gonzáles, D., & Gómez, J. (2011). Procesamiento avanzado de imágenes digitales.

Ortega, D. R. ., Gutiérrez, G. ., Iznaga, A. M. ., Rodríguez, T. ., De Beule, M. ., & Verhegghe, B. (2015). Obtención de la estructura ósea del pie al aplicar la umbralización global y la adaptativa. Revista Internacional de Metodos Numericos Para Calculo Y Diseno En Ingenieria, 31(2), 113–119. https://doi.org/10.1016/j.rimni.2014.02.002

Gonzalez, M. A., & Ballarin, V. L. (2008). Segmentación de imágenes utilizando la transformada watershed: Obtención de marcadores mediante lógica difusa. IEEE Latin America Transactions, 6(2), 223–228. https://doi.org/10.1109/TLA.2008.4609921

Cortés Osorio, J. A., Chaves Osorio, J. A., & Mendoza Vargas, J. A. (2012). Comparación cualitativa y cuantitativa de las técnicas básicas de umbralización local para el procesamiento digital de imágenes. Universidad Tecnologica de Pereira, (51), 236–237. Retrieved from file:///Users/JMiguelAristi/Downloads/Dialnet-ComparacionCualitativaYCuantitativaDeLasTecnicasBa-4272466.pdf

Mar, D., Sofía, M., & Rivas, G. (2015). Métodos de segmentación de imágenes cardiacas: Fundamentos y alcance. Redalyc-Revista Latinoamericana de Hipertensión, 10(3), 12.

Bezzia. (2017). ¿Cómo tratar la descalcificación en los dientes? Retrieved July 23, 2017, from https://www.bezzia.com/como-tratar-la-descalcificacion-en-los-dientes/

OpenCV. (2017). OpenCV library. Retrieved July 23, 2017, from http://www.opencv.org/

Orange. (2017). Orange – Data Mining Fruitful & Fun. Retrieved July 23, 2017, from https://orange.biolab.si/

Fernández, M., & Isabel, A. (2008). RECURIMIENTO O ENCAPSULACIÓN PULPAR. Redalyc - Revista Científica Odontológica, 4(2), 52–55.

van Rossum, G. (2009). El tutorial de Python. Python, 1, 116.

Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Normas y procedimientos de atención en salud bucal primer nivel. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Córdova Carranza, L. E., Barzola Loayza, M. G., & Gómez Carrión, C. (2014). Los videos secuenciales como estrategia didáctica en el aprendizaje de protocolos clínicos. Revista Apuntes Universitarios, 2(22257136), 63–80. Retrieved from http://revistascientificas.upeu.edu.pe/index.php/ra_universitarios/article/view/102/105

Matlab. (2017). MATLAB - El lenguaje del cálculo técnico. Retrieved July 23, 2017, from https://es.mathworks.com/products/matlab.html

Nikon. (2017). COOLPIX L820 Cámaras digitales Descatalogado. Retrieved July 23, 2017, from http://www.nikon.es/es_ES/product/discontinued/digital-cameras/coolpix-l820#tech_specs

Cordova Carranza, Luis; Barzola Loayza, Mary; Gómez Carrión, C. (2014). Los videos secuenciales como estrategia didáctica en el aprendizaje de protocolos clínicos. Apuntes Universitarios. Revista de Investigación, 4(2), 19.

Gonzalez, M; Ballarin, V. (2008). segmentación de imágenes utilizando la transformada Watershed: obtención de marcadores mediante lógica difusa. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 6(2), 6.

Gonzalez Betancourt, A; Roduíguez Ribalta, P; Orozco Morales, R. (2016). Marcadores para Segmentación Watershed Usando Transformada de Radon. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 11(1), 18.

Marín. (2015). Desarrollo de un sistema de ayuda a la decisión para tratamientos odontológicos con imágenes digitales. Universidad de Málaga – España. P. 33.

Barragán Gómez, R., & Gómez Moreno, W. (2012). Julian Ramírez. Íkala, Revista de Lenguaje Y Cultura, 17(1), 79–92.

Hernández Villoria, R. (2008). Una aplicación lingüística en el estudio clínico de la disartria: el análisis acústico de las vocales y los ejes cinéticos de la lengua. Lengua Y Habla, 12, 51–63. Retrieved from http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/lenguayhabla/article/view/196

Chávez-Reátegui, B. C., & Manrique-, J. E. (2016). Características clínicas periodontales de piezas con diagnóstico de trauma de oclusión secundario. Revista Estomatológica Herediana, 26(1), 13–19.

Yánez, C., Escobar, A., & Enrique, C. (1996). Procesamiento digital de imágenes. Redalyc - Perfiles Educativos, 1(72), 10.

Herold-García, Silena; Escobedo-Nicot, M. (2013). Segmentación de imágenes médicas con la aplicación de snakes. Redalyc - Ciencia En Su PC, 1(4), 12–22.

J. García, R. Valdés , L. Ruiz, R. Quintana , A. Cruz, M. A. (2015). Uso del procesamiento de imágenes digitales para medir los parámetros morfométricos de partículas. redalyc - boletín científico técnico inimet ISSN:, 1(1), 14–27.

Jiménez Paneque, R. (1998). Metodología de la investigación. *Editorial de Ciencias Médicas Del Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas, Ciudad de La Habana, Cuba, 1*(1), 95. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Anexos

Anexo 1. Cronograma de Actividades

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---

Cronograma

Código	Modo de Tarea	Nombre de Tarea	Duración	Comienzo	Fin	Nombre de los recursos
1	**Programada manualmente**	Propuesta del proyecto	1 día	10/05/2017	10/05/2017	Fernando Coral, Alex Macías
2	**Programada manualmente**	Asignación de tutor	12 días	22/05/2017	22/05/2017	Fernando Coral, Alex Macías
3	**Programada manualmente**	Elaboración capítulo 1	24 días	12/06/2017	5/07/2017	Fernando Coral, Alex Macías
4	**Programada manualmente**	Investigación técnicas de segmentación	4 días	12/06/2017	16/06/2017	Fernando Coral, Alex Macías
5	**Programada manualmente**	Causas y consecuencias	7 días	16/06/2017	23/06/2017	Fernando Coral, Alex Macías
6	**Programada manualmente**	Definición de objetivos y alcances	3 días	23/06/2017	26/06/2017	Fernando Coral, Alex Macías
7	**Programada manualmente**	Alcance, metodología	7 días	26/06/2017	3/07/2017	Fernando Coral, Alex Macías
8	**Programada manualmente**	Revisión Tuto capítulo 1	1 día	5/07/2017	5/07/2017	Fernando Coral, Alex Macías
9	**Programada manualmente**	Elaboración capítulo 2	28 días	5/07/2017	2/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
10	**Programada manualmente**	Elaboración marco teórico	7 días	5/07/2017	12/07/2017	Fernando Coral, Alex Macías

11	**Programada manualmente**	Fundamentación teórica	13 días	12/07/2017	25/07/2017	Fernando Coral, Alex Macías
12	**Programada manualmente**	Fundamentación legal	5 días	26/07/2017	31/07/2017	Fernando Coral, Alex Macías
13	**Programada manualmente**	Revisión Tutor capítulo 2	1 día	2/08/2017	2/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
14	**Programada manualmente**	Elaboración capítulo 3	25 días	3/08/2017	28/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
15	**Programada manualmente**	Creación de base de dato de imágenes digitales	4 días	3/08/2017	7/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
16	**Programada manualmente**	Procesamiento y análisis	7 días	7/08/2017	14/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
17	**Programada manualmente**	Asignación de Revisor	1 día	10/08/2017	10/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
18	**Programada manualmente**	Pruebas de técnicas de segmentación	3 días	14/08/2017	17/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
19	**Programada manualmente**	Entrega a revisión capítulo 1 y 2 al Revisor	1 día	15/08/2017	15/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
20	**Programada manualmente**	Criterio de evaluación	11 días	17/08/2017	28/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
21	**Programada manualmente**	Revisión Tutor capítulo 3	1 día	28/08/2017	28/08/2017	Fernando Coral, Alex Macías
22	**Programada manualmente**	Elaboración capítulo 4	4 días	29/08/2017	2/09/2017	Fernando Coral, Alex Macías
23	**Programada manualmente**	Resultados	2 días	3/09/2017	5/09/2017	Fernando Coral, Alex Macías
24	**Programada manualmente**	Conclusión y Recomendaciones	2 días	5/09/2017	7/09/2017	Fernando Coral, Alex Macías
25	**Programada manualmente**	Revisión tutor capítulo 4	1 día	8/09/2017	8/09/2017	Fernando Coral, Alex Macías
26	**Programada manualmente**	Entrega a revisión capítulo 3 y 4 al Revisor	1 día	11/09/2017	11/09/2017	Fernando Coral, Alex Macías
27	**Programada manualmente**	Correcciones del proyecto	3 días	11/09/2017	14/09/2017	Fernando Coral, Alex Macías
28	**Programada manualmente**	Entrega de anillado del proyecto	1 día	15/09/17	15/09/17	Fernando Coral, Alex Macías

Anexo 2. Diagrama de Gantt

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

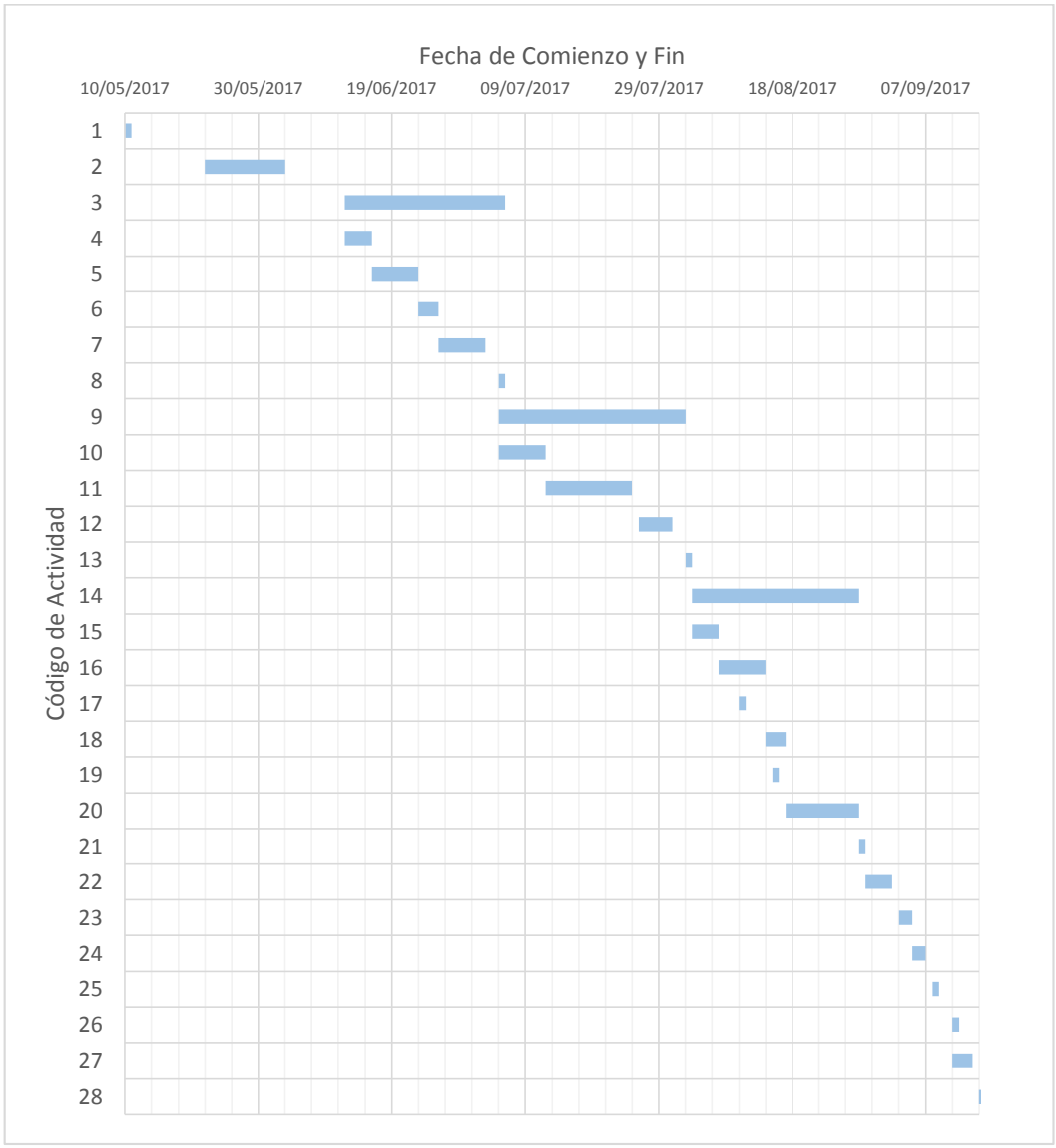
Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---

Diagrama de Gantt



Anexo 3. Carta de Consentimiento

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---

Carta

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE FOTOGRAFÍAS DIGITALES

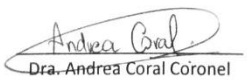
Guayaquil, 16 de Agosto del 2017

Dra. Andrea Coral Coronel
Odontopediatra

Por medio del presente escrito doy mi consentimiento a Fernando Coral Morán y Alex Macías Ávila estudiantes de la Carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas perteneciente a la Universidad de Guayaquil, el uso de fotografías digitales de caso odontológicos que apoyara a la realización de su proyecto de investigación "Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales" para la obtención de su título universitario, además comprendo lo siguiente:

1. Que las imágenes digitales será utilizado para investigación.
2. Que no se utilizaran datos personales de pacientes que aparecen en las imágenes.

De igual manera, es mi deseo establecer que esta autorización es voluntaria.



Dra. Andrea Coral Coronel
Odontopediatra

Anexo 4. Meta-Análisis

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---

Meta-Análisis de la lectura bibliográfica

Número, Nombre del artículo, Autores

N°	Nombre del articulo	Autor / es
1	Algoritmo para la definición de estructuras óseas en modelos biomédicos.	D. R. Ortega; G. Gutiérrez; A. M. Iznaga; M. de Beule; T. Rodríguez; B. Verhegghe
2	Algoritmo para la Generación de Imágenes Sintéticas de Microscopía Celular formadas por Eritrocitos y Evaluación de Algoritmos de Segmentación.	A. Moreno Montes de Oca, L. Chinea Valdés y J.V. Lorenzo Ginori
3	Detección de Bacilos de Tuberculosis en Muestras de Esputo de Procesamiento de Imágenes por medio de Técnicas.	N. Aguilar, G. Valladares, J. Tanta, L. Huaroto, F. Casado, R. Lavarello y B. Castañeda
4	Digital Processing of Fractographic Images for Welded Joints on Microalloy Steel API5L-X52 Aged	O. M. Camargo, B. V. Arista y J. M. Camargo
5	Automatic Design of Ensembles of Window Operators for Ocular Image Segmentation	M. E. Benalcázar, M. Brun, V.L. Ballarin Y R. M. Hidalgo
6	Estudio cuantitativo del flujo de líquido cefalorraquídeo mediante resonancia magnética en contraste de fase, método para identificar a los pacientes con hidrocefalia a presión normal.	J. Forner Ginera, R. Sanz-Requenaa, N. Flórezb, A. Alberich-Bayarria,G. García-Martía,c, A. Ponzdy L. Martí-Bonmatía
7	Interfaz visual para un Autocolimador Nikon 6D mediante procesamiento de imágenes con precisión sub-pıxel: un caso de estudio.	C. Schurrera, A.G. Flesiac, G. Berguesb, G. Amesb, L. Canalib

8	Manejo quirúrgico de tumor mandibular asistido con la tecnología de impresión tridimensional: nota técnica y reporte de caso.	Ignacio Velascoa,b, Héctor Ramosa y Soheil Vahdania
9	Mejora de la selección de parámetros de una semilla Método de cultivo de la región para la imagen multibanda Segmentación.	J. Sánchez, E. Martínez y A. Arquero
10	Segmentation and 3D Reconstruction of Microbial Biofilms	A. Bouchet, J. I. Pastore, L. G. Di Meglio, L. Robuschi y V. Ballarin
11	Métodos de segmentación de imágenes cardiacas: Fundamentos y alcance.	Huérfano, Yoleidy; Vera, Miguel; Del Mar, Atilio; Chacón, José; Vera, María; Bautista, Nahid; Martínez, María Sofía; Rojas, Joselyn; Contreras, Julio; Graterol Rivas,
12	Model filtering and segmentation of digital medic images for Vismedic project	Adrián Peña-Peñate, Luis Guillermo Silva Rojas, Rubén Alcolea Núñez
13	Obtención de la estructura ósea del pie al aplicar la umbralización global y la adaptativa.	D. R. Ortegaa, G. Gutiérreza, A.M. Iznagaa, T. Rodrígueza, M. de Beuleby B. Verhegghe
14	Operadores Morfológicos Multiescala y Distancia Geodésica Aplicados a la Segmentación de Imágenes de Tomografía Axial Computada.	Lic. Pastore J., Dr. Moler E., Dra. Ballarin V.
15	Parámetro de control del proceso de simplificación de olígonosaplicado a imágenes médicas.	D.R. Ortegaa, G. Gutiérrezb, A.M. Iznagaa, T. Rodrígueza, M. de Beuleby B. Verhegghe
16	Polarimetric SAR Image Segmentation using CEM Algorithm	J. I. F. Michelli, M. Hurtado, Member, J. A. Areta and C. H. Muravchik Senior Member,
17	Precisión en reconstrucción orbitaria con mallas de titanio preformadas.	Susana Heredero, Alba San Juan, Francisco Alamillos y Alicia Dean
18	Procesamiento de imágenes para reconocimiento de daños causados por plagas en el cultivo de Begonia semperflorens (flor de azúcar).	Camilo Andrés Cáceres Flórez, Darío Amaya Hurtado, Olga Lucía Ramos Sandoval

19	Segmentación automática tridimensional de estructuras pulmonares, en imágenes de tomografía computarizada.	Vera, Miguel; Molina, Valentín; Huérfano, Yoleidy; Vera, María; Del Mar, Atilio; Salazar, Williams; Peña, Armando; Graterol-Rivas, Modesto; Wilches-Duran, Sandra;
20	Segmentación de imágenes utilizando la transformada Watershed: obtención de marcadores mediante lógica difusa.	M. A. Gonzalez y V. L. Ballarin
21	Un Algoritmo basado en Grafos para la Detección Automática de la Luz Arterial en Imágenes Ultrasonográficas.	Felix Calderona, Sergio Rogelio Tinoco Martíneza, Jaime Carranza Madrigal
22	An Approach for Side Scan Sonar Acoustic Images Segmentation Using Programmable Logic	S. A. Villar, Member, S. R. Rossi, Member y G. G. Acosta, Senior Member,
23	A Practical Approach for Segmentation of Twigs on Samples of Yerba Mate by Digital Image Processing	C. X. Pérez, F. Botterón, Member,
24	Una Técnica Bayesiana y de Varianza Mínima para Segmentación del Lumen Arterial en Imágenes de Ultrasonido.	Sergio Rogelio Tinoco-Martíneza, Felix Calderona, Carlos Lara-Alvareza, Jaime Carranza-Madrigalb
25	Marcadores para Segmentación Watershed Usando Transformada de Radon.	González Betancourt, A.; Rodríguez Ribalta, P.; Orozco-Morales, R.
26	Segmentación consenso y matriz de co-ocurrencia ordinal en el reconocimiento del iris.	Osorio Roig, Dailé; Chacón Cabrera, Yasser; Garea Llano, Eduardo
27	Suavizado de imágenes de microscopía celular mediante el uso de técnicas de filtrado morfológico.	Rodríguez Oliva, Karla Janet; Orozco Morales, Rubén
28	A technique for optical disk detection on retinal images	Rudas C., Jorge; Toscano C., Ricardo; Sánchez Torres, Germán
29	Segmentation of Phase Contrast Magnetic Resonance Imaging to Study the Dynamic of Perimedullary Cerebrospinal Fluid	N. Flórez; R. Bouzerar; D. Moratal; Me. Meyer; L. Martí-Bonmatí; O. Balédent

30	Comparación cualitativa y cuantitativa de las técnicas básicas de umbralización local para el procesamiento digital de imágenes.	Cortés Osorio, Jimmy Alexander; Chaves Osorio, José Andrés; Mendoza Vargas, Jairo Alberto
31	Mapping of digital images of eye fund attending to features of texture	García García, Yainet; Rodríguez Guillén, Reinier; Taboada Crispi, Alberto
32	Segmentation of images of Computed Tomography in Patients with a stroke	Barrios Barrios, Mauricio; Ramírez Llinas, Hernando; Bonaveri Arangoa, Pablo
33	Cloud segmentation methods applied to satellite images	Gómez Vargas, Ernesto; Obregón Neira, Nelson; Rocha Arango, Diego Fernando
34	Implementación de la transformada de hough para la detección de líneas para un sistema de visión de bajo nivel.	Urrea, Juan Pablo; Ospina, Emmanuel
35	Métodos de segmentación de imágenes cardiacas: Fundamentos y alcance.	Huérfano, Yoleidy; Vera, Miguel; Del Mar, Atilio; Chacón, José; Vera, María; Bautista, Nahid; Martínez, María Sofía; Rojas, Joselyn; Contreras, Julio; Graterol Rivas, Modesto;
36	EDGE DETECTION USING THE CO-OCCURRENCE MATRIX: AN APPLICATION TO THE SE GMENTATION OF COFFEE CHERRIES IMAGES	Betancur, Julián; Nora, Jaison; Viera, Jorge
37	Segmentación de frutos de café mediante métodos de crecimiento de regiones.	Betancur Acevedo, Julián Andrés; Prieto Ortiz, Flavio Augusto; Osorio Londoño, Gustavo Adolfo
38	Técnicas clásicas de segmentación de imágenes.	Marcos Martín
39	Desarrollo de un sistema de ayuda a la decisión para tratamientos odontológicos con imágenes digitales.	Daniel Ridao Marín
40	Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes.	Jorge Márquez Flores

41	Análisis de imágenes funcionales cerebrales mediante modelos de mezcla de Gaussianas y Mínimos cuadrados parciales para el diagnóstico de alteraciones neurológicas.	Fermín Segovia Román
42	Análisis Multidimensional de Imágenes Digitales.	Enrique L. Portiansky
43	Segmentación.	Carlos Platero
44	Procesamiento morfológico.	Carlos Platero
45	Análisis de la compresión de imágenes utilizando clustering bajo el enfoque de colonia de hormigas	Ruiz Rivera, María Elena; Yarasca Carranza, Juan Eduardo; Ruiz Lizama, Edgar

Meta-Análisis de la lectura bibliográfica

Biblioteca, Tipo de Journal, Año de publicación, Componentes aplicados para el análisis

Nº	Biblioteca	Tipo Journal	Año de publicación	Componentes específicos aplicado para el análisis
1	Elseiver	Artículo científico	2013	Modelos matemáticos, Unidades Hounsfield, Algoritmos
2	Springer	Artículo científico	2013	Algoritmos de segmentación, simulación de imágenes realistas, segmentación de imágenes, modelado matemático.
3	Springer	Artículo científico	2013	Segmentación de imágenes, modelado matemático, algoritmos.
4	IEEE	Artículo científico	2013	Imágenes fractográficos, umbralización e histogramas de imágenes, algoritmos, métodos de segmentación.
5	IEEE	Artículo científico	2014	Transformación de color a grises, redes neuronales, modelos matemáticos.
6	Elseiver	Artículo científico	2013	Estudios morfológicos, análisis cuantitativo.
7	Science Direct	Artículo científico	2014	Procesamiento general de las imágenes, Métodos generales de detección sub-píxel, procesamiento sub-píxel por ajuste, procesamiento de la imagen de la escala: cálculo del valor medio estimado para la relación píxel/división
8	Elseiver	Artículo científico	2016	impresión tridimensional, modelos anatómicos,
9	IEEE	Artículo científico	2015	Análisis de imágenes basado en OBIA (análisis de imágenes orientado a a objetos)

10	IEEE	Artículo científico	2013	Modelos matemáticos, procesamiento digital de imágenes, biofilm.
11	Redalyc	Artículo científico	2015	Segmentación de estructuras cardiacas, métodos de segmentación, segmentación de imágenes cardiacas.
12	Scielo	Artículo científico	2015	Filtrado de imágenes digitales, segmentación de imágenes médicas digitales, biblioteca de código abierto (open source) ITK.
13	Elseiver	Artículo científico	2015	Modelados matemáticos, geometría de los huesos del pie, tomografía computarizada,
14	IEEE	Artículo científico	2007	La tomografía axial computada (TAC), técnicas basadas en principios de la morfología matemática.
15	Elseiver	Artículo científico	2014	Imágenes binarias, comportamiento mecánico de tejidos duros, modelos discretos pasa por diferentes etapas de análisis.
16	IEEE	Artículo científico	2014	Algoritmos, modelados matemáticos, RADAR de Apertura Sintética (SAR).
17	Elseiver	Artículo científico	2015	Análisis digital de imágenes, segmentación de imágenes.
18	Redalyc	Artículo científico	2014	Agente robótico aéreo(drone), técnicas de visión de máquinas,
19	Redalyc	Artículo científico	2015	Segmentación automática 3D, tomografía computarizada multicapa, filtros no lineales.
20	IEEE	Artículo científico	2008	Lógica difusa, imágenes biomédicas, segmentación de imágenes.

21	Science Direct	Artículo científico	2013	Detección automática de luz arterial, imágenes ultrasonografías
22	IEEE	Artículo científico	2015	Imágenes acústicas, Lógica programable, procesamiento de imágenes acústicas.
23	IEEE	Artículo científico	2013	Procesamiento digital de imágenes control de calidad, tecnología de visión de máquina o visión artificial.
24	Science Direct	Artículo científico	2014	Enfermedades cardiovasculares, modelados matemáticos, varianza mínima.
25	Redalyc	Artículo científico	2016	Imposición automática de marcadores en imágenes médicas, imagen gradiente, modelados matemáticos, representación topográfica de imagen.
26	Redalyc	Artículo científico	2016	Reconocimiento del iris, biometría,
27	Redalyc	Artículo científico	2017	Microscopio óptico, filtrado morfológico, procesos de análisis automatizados.
28	Redalyc	Artículo científico	2011	Procesamiento de datos, imágenes biomédicas, modelos matemáticos.
29	Science Direct	Artículo científico	2010	Coeficiente de variación, imágenes por resonancia magnética, líquido cefalorraquídeo, segmentación de imágenes.
30	Redalyc	Artículo científico	2012	Procesamiento digital de imágenes, binarización, análisis cualitativo y cuantitativo de técnicas de segmentación.
31	Redalyc	Artículo científico	2016	Análisis automático de imágenes digitales, mapeo de imágenes, modelados matemáticos.

32	Redalyc	Artículo científico	2011	Segmentación de regiones anatómicas en el cerebro, imágenes de tomografía computarizada, operaciones morfológicas
33	Redalyc	Artículo científico	2013	Procesamiento de imágenes, imágenes satelitales, técnicas basadas en fronteras, técnicas basadas en regiones.
34	Redalyc	Artículo científico	2014	Tratamiento digital de imágenes, detección de líneas para sistemas de visión de bajo nivel, procesamiento de imágenes.
35	Redalyc	Artículo científico	2015	Segmentación de estructuras cardiacas, métodos de segmentación, segmentación de imágenes cardiacas.
36	Redalyc	Artículo científico	2009	Segmentación de imágenes, matriz de co-ocurrencia, clasificador bayesiano,
37	Redalyc	Artículo científico	2016	Sistema Euclídeo, sistema hibrido, procesamiento de imágenes.
38	Web	Artículo científico	2014	Segmentación de imágenes, algoritmos de segmentación, detección d puntos, líneas y bodes de imágenes.
39	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Tesis doctoral	2016	Diagnóstico y monitorización de las patologías dentales, clasificación de tejidos dentarios con imágenes digitales, procedimiento computacional de imágenes digitales, redes neuronales.
40	CCADET-UNAM	Tesis doctoral	2013	Procesamiento y análisis digital de imágenes, técnicas de restauración,
41	Universidad de Jaen	Tesis doctoral	2010	Análisis de imágenes funcionales, mezcla gaussianas, algoritmos, modelados matemáticos.
42	Universidad Nacional de La Plata	Libro	2013	Procesamiento y análisis digital de imágenes, tipos de imágenes.

43	Web	Artículo científico	2015	Técnicas de procesamiento de las imágenes, algoritmos, modelos matemáticos.
44	Web	Artículo científico	2015	procesamiento morfológicos de imágenes, post-procesamiento imágenes, imágenes bina rizadas,
45	Redalyc	Artículo científico	2015	Método de comprensión para procesamiento de imágenes, clustering.

Meta-Análisis de la lectura bibliográfica

Técnica utilizada, Tipo de Investigación, Numero de Referencia, Palabra clave

Nº	Técnicas utilizadas	Tipo de Investigación	Número de Referencia	Palabra Clave
1	Los resultados del algoritmo se compararon con otros obtenidos mediante el empleo de la librería Visualization ToolKit (VTK) y pyFormex, cuyos métodos se utilizan en la visualización y análisis de imágenes médicas y en la modelación de estructuras tridimensionales.	Exploratoria	37	Segmentation
2	Operaciones morfológicas (Dilatación binaria), Pre-procesamiento e imágenes (Imágenes en escala de gris)	Campo	6	Segmentation
3	Pre-procesamiento de imágenes (Escala de gris), operador Canny, operaciones morfológicas.	Teórica	11	Segmentation
4	Morfología matemática, Transformaciones morfológicas, Transformación Top-Hat, Análisis fractografico	Exploratoria	27	Segmentation
5	Transformada de Wavelet, pre-procesamiento de imágenes.	Exploratoria	30	Image processing
6	Umbralización, procesamiento de imágenes	Campo	39	Mathematical Morphology
7	Umbralización, Pre-procesamiento de imágenes (filtro gaussiana).	Exploratoria	27	Otras
8	«Segmentación» usando un programa de imágenes para transformar la información DICOM en un archivo de prototipado3D.	Campo	14	Mathematical Morphology
9	Algoritmo crecimiento de regiones propuesto por Adams y Bischof.	Exploratoria	23	Segmentation

10	Filtrado morfológico, Top-Hat por cierre, Binarización, Reconstrucción 3D.	Exploratoria	16	Segmentation
11	Métodos de Umbralización, Métodos basados en el crecimiento de regiones, Métodos basados en máquinas de aprendizaje, Métodos de agrupamiento, Métodos basados en leyes físicas	Teórica	51	Mathematical Morphology
12	Algoritmos de suavizado, reducción de ruido, detección de bordes y técnicas híbridas	Exploratoria	14	Segmentation
13	Algoritmo de canny, umbralizacion global y adaptiva	Campo	42	Image processing
14	Filtrado de la imagen mediante operadores morfológicos multiescala. Transformada de “Top-hat”. Extracción de contornos (gradiente morfológico). Binarización de la imagen.	Campo	12	Segmentation
15	Umbralización, algoritmo para la determinación estadística del parámetro.	Teórica	43	Mathematical Morphology
16	algoritmo CEM (Classification-Expectation- Maximization) es un método de clasificación basado en el algoritmo EM	Descriptiva	8	Segmentation
17	Umbralización, detección de bordes.	Campo	13	Otras
18	Filtros morfológicos, difuminado gaussiano y filtrado HSL, binarización de la imagen.	Campo	17	Image processing
19	Detección de bordes, filtro de la mediana, crecimiento de regiones.	Exploratoria	17	Segmentation
20	Transformda de Watershed	Descriptiva	22	Segmentation

21	Algoritmo de canny, transformada de Hough.	Exploratoria	58	Otras
22	Umbralización	Exploratoria	29	Image processing
23	Pre-procesamiento de imágenes (filtro mediana),morfología binaria, binarización de la imagen,	Campo	18	Segmentation
24	Detección de bordes.	Campo	47	Otras
25	Segmentación y detección de bordes, transformada de radon, transformada de watershed, umbralización.	Descriptiva	13	Otras
26	Weighted Partition Consensus via kernels (WPCK), crecimiento de regiones.	Campo	24	Otras
27	Pre-procesamiento de imágenes(Filtro gaussiano, filtro mediana), detección de bordes, operaciones morfológicas (erosión binaria, filtros bilaterales)	Descriptiva	25	Segmentation
28	Transformada circular de hough, detección de bordes.	Exploratoria	28	Mathematical Morphology
29	Algoritmo K-medias, umbralización.	Campo	10	Otras
30	Umbralización(Global, local y adaptiva,), filtro de la media, algoritmo de Sauvola, algoritmo de Niblack.	Teórica	11	Segmentation
31	histograma, gradiente, matriz Run-Length, matriz de coocurrencia, modelo autorregresivo y transformada de Wavelet	Exploratoria	19	Otras

32	Crecimiento de regiones, operaciones morfológicas (dilatación erosión, apertura y cierre) , umbralización.	Campo	10	Image processing
33	Crecimiento de regiones, operador sobel, operador laplaciana, transformada de hough, umbralización.	Campo	9	Segmentation
34	Umbralización de histogramas, detección de bordes (laplaciano), transformada de hough.	Exploratoria	6	Segmentation
35	Métodos de Umbralización, Métodos basados en el crecimiento de regiones, Métodos basados en máquinas de aprendizaje, Métodos de agrupamiento, Métodos basados en leyes físicas	Teórica	51	Image processing
36	Detección de bordes (clasificador bayesiano), matriz co-ocurrencia, umbralización.	Campo	24	Segmentation
37	Crecimiento de regiones, técnica SRG, umbralización, detección de bordes.	Campo	22	Segmentation
38	Detección de bordes (Operador sobel, laplaciano), transformada de hough, técnicas de umbrales, crecimiento de regiones.	Teórica	10	Image processing
39	Desviación de la media, suavizado de imágenes, algoritmo mean shift.	Exploratoria	10	Mathematical Morphology
40	Histogramas, filtro de la mediana, Filtro Butterworth, Filtro inverso, Filtro Wiener, La Transformada Discreta Wavelet, detección de bordes.	Descriptiva	15	Otras
41	Técnicas basadas en mínimos cuadrados parciales, algoritmos PLS, algoritmo NIPALS.	Campo	181	Otras
42	Filtros de suavizado, Filtros de detección de bordes, Filtros morfológicos, Transformada de Fourier, Transformada Wavelet, Algoritmo Wiener Invertido, Algoritmo	Exploratoria	208	Otras

	Vecinos Cercanos (Nearest Neighbors), Algoritmos Iterativos, Algoritmos Iterativos Restrictivos			
43	Técnicas basadas en bordes, transformada de hough, operador canny, crecimiento de regiones, histogramas.	Descriptiva	20	Otras
44	Morfología matemáticas (erosión binaria, dilatación binaria, apertura y cierre, transformada de top-hat, transformada de watershed)	Descriptiva	37	Otras
45	Algoritmo K-medias, algoritmo median cut, algoritmo NeoQuant,	Exploratoria	19	Otras

Meta-Análisis de la lectura bibliográfica

Veces que se repite las palabras: Segmentación, Procesamiento de Imágenes y Detección de Borde en los artículos científicos

Nº	Segmentación	Procesamiento de Imágenes	Detección de bordes
1	5	10	0
2	8	0	0
3	4	2	1
4	2	5	1
5	26	4	1
6	5	0	0
7	0	21	5
8	4	0	0
9	56	0	27
10	10	5	1
11	79	5	2
12	36	8	9
13	9	9	3
14	18	5	3
15	5	6	1
16	13	2	1
17	4	1	0
18	2	17	1
19	29	0	3
20	18	5	4
21	0	1	35
22	39	7	0
23	8	15	0
24	7	0	34
25	1	0	0
26	7	5	7
27	88	1	0
28	6	0	27
29	17	1	0
30	1	3	0
31	24	6	0
32	14	3	0
33	50	4	15
34	1	4	7
35	75	4	2

36	29	0	16
37	55	1	25
38	72	19	24
39	26	9	10
40	9	90	2
41	87	43	39
42	79	44	45
43	37	2	10
44	10	1	3
45	0	4	0

Anexo 5. Base de Datos de Imágenes

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

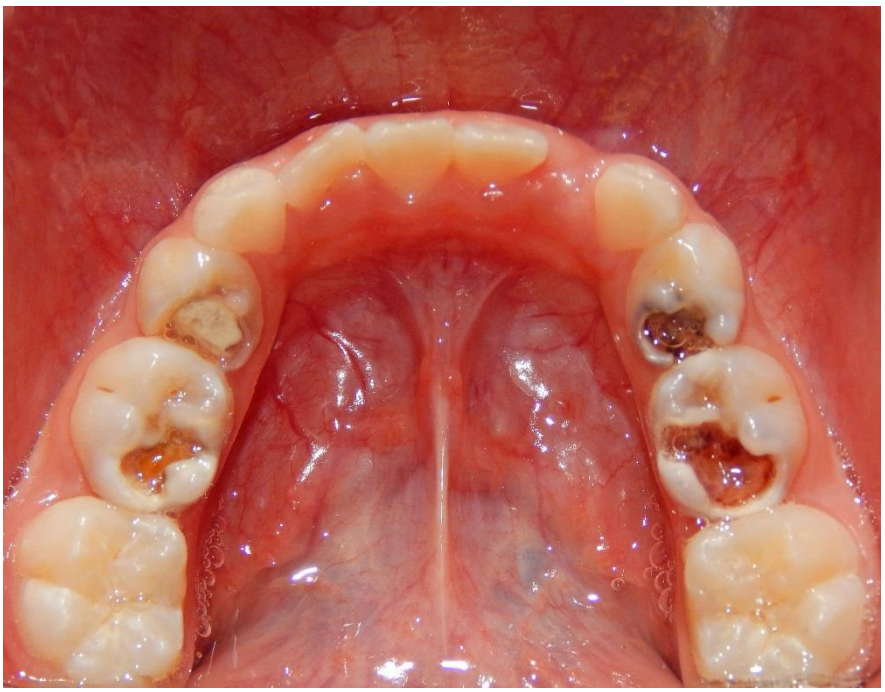
TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

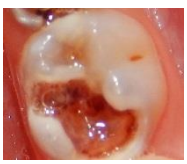
---

Imágenes Digitales

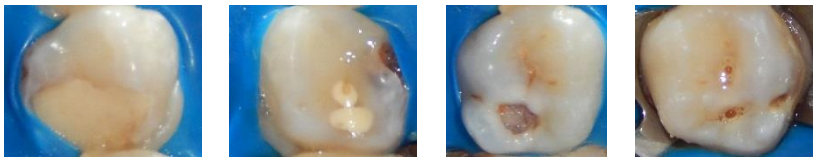
Imágenes extendidas por la odontóloga Dr. Andrea Coral Coronel, para uso de pruebas de las técnicas de segmentación.

Caso 1. Paciente de 6 años de edad. Imagen correspondiente al maxilar inferior.

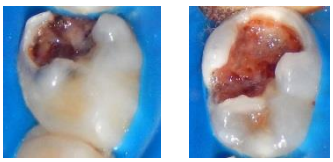




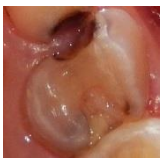
Caso 2. Paciente de 7 años de edad imagen correspondiente al maxilar superior.



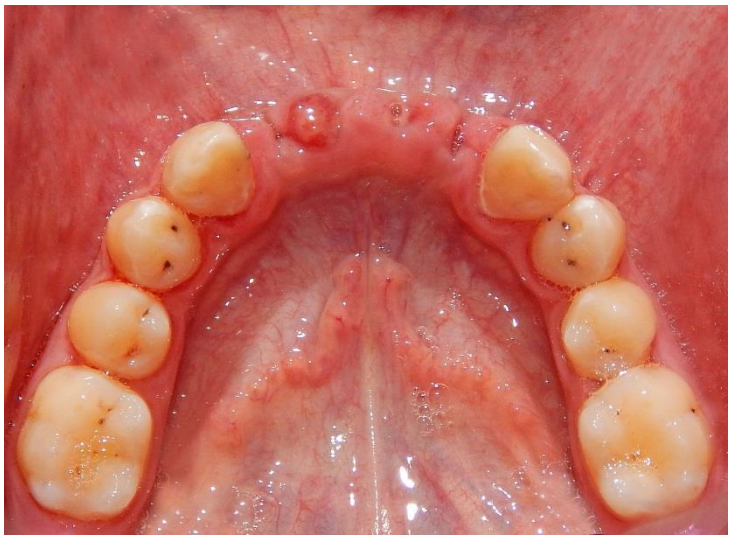
Caso 3. Paciente de 11 años de edad imagen correspondiente al maxilar inferior



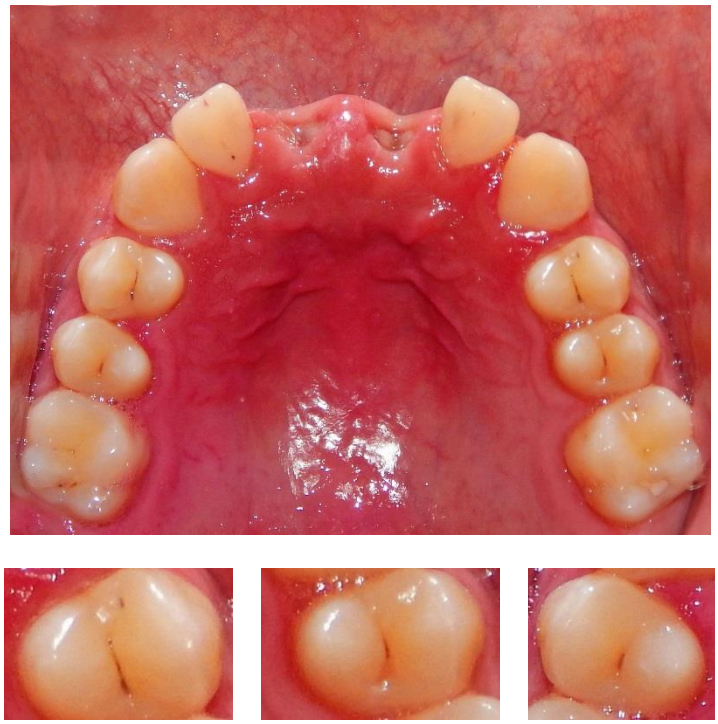
Caso 4. Paciente de 11 años de edad imagen correspondiente al maxilar inferior



Caso 5. Paciente de 11 años de edad imagen correspondiente al maxilar inferior



Caso 6. Paciente de 11 años de edad imagen correspondiente al maxilar superior



Caso 7. Paciente de 13 años de edad imagen correspondiente al maxilar inferior

Caso 8. Paciente de 8 años de edad imagen correspondiente al maxilar superior

Anexo 6. Clasificación de Caries por la ICDAS

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---

Criterio Clínico	Criterio ICDAS. Detección Visual de Caries			Estudio Complementario		Tratamiento Clínico			Imagen
Terminología Común	Terminología Dental	Grado	Actividad de Caries	RX	Transiluminacion	Evaluación del Riesgo	Tratamiento	Estado	
Carie Penetrante	Cavidad extensa con dentina visible	6	+/-	5-6	6	A/M/B	TI	P/D/R	
	Cavidad con dentina visible	5	+/-	5	5	A/M/B	TI	P/D/R	

Carie No Penetrante	Sombra oscura subyacente de dentina	4	+/-	3-4	4	A/M/B	TI	P/D/R	
	Ruptura localizada del esmalte sin dentina visible	3	+/-	3-4	3	A/M/B	TMI	P/D/R	
Lesión Temprana de Caries	Lesión de caries observadas en superficie húmeda (Mancha blanca o marrón)	2	+/-	2-3	2	A/M/B	TP	P/D/R	
	Lesión de caries observadas en superficie seca (Mancha blanca o marrón)	1	+/-	1	1	A/M/B	TP	P/D/R	
Sano	Sano	0	+/-	0	0	A/M/B	-	-	

Umbral Visual	Código ICDAS	Código OMS	Código CIE-OE	
Sano	**0**	**0.A (SANO)**	**SANO**	ICDAS presenta 7 categorías la primera para dientes sano (código 0, en color verde) las dos siguientes para caries limitadas al esmalte, manchas blancas/marrón (código 1 y2, marcadas en color amarillo). Las dos siguientes categorías (código 3 y 4, en color rojo) son consideradas caries que se extienden al esmalte y dentina, pero sin dentina expuesta. Y las otras dos categorías restantes (código 5 y 6), consideradas caries con dentina expuesta) **Grosor** **Esmalte** 1.5 mm a 3 mm **Dentina** 2 mm a 3mm
Macha blanca / marrón en esmalte seco	**1**		**K02.0 (Mancha Blanca)**	
Macha blanca / marrón en esmalte húmedo	**2**			
Microcavidad en esmalte seco < 0.05 mm	**3**			
Sombra oscura de dentina vista a través del esmalte húmedo con o sin microcavidad	**4**	**1.B (Corona Cariada)**	**K02.1 (Caries dentinaria)**	
Exposición de dentina en cavidad > 0.5 mm hasta la mitad de la superficie dental en seco	**5**			
Exposición de dentina en cavidad mayor a la mitad de la superficie dental	**6**			

Anexo 7. Línea del tiempo de técnicas de segmentación

Universidad de Guayaquil

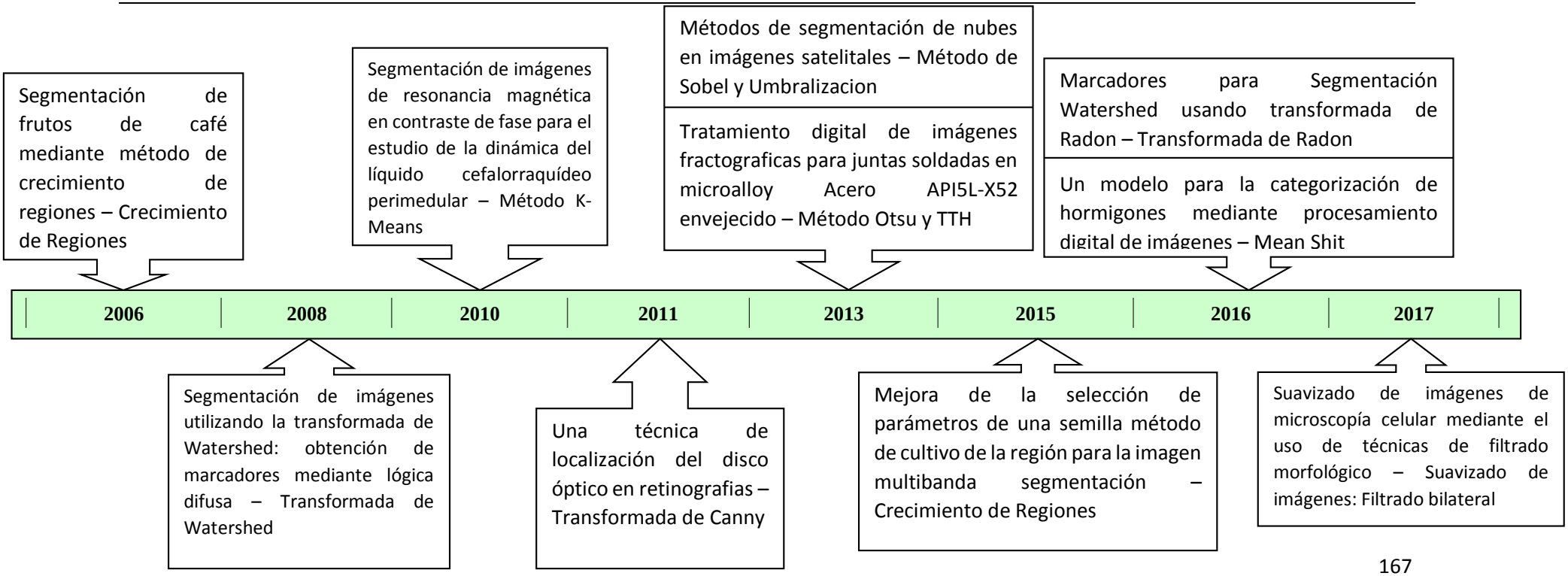
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---



Anexo 8. Características de la Cámara Nikon Coolpix L820

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---

Nombre de producto	COOLPIX L820
Tipo	Cámara digital compacta.
Píxeles efectivos	16,0 millones.
Sensor de imagen	CMOS de tipo 1/2,3 pulgadas; aprox. 16,79 millones de píxeles totales.
Objetivo / Lente	Objetivo NIKKOR con zoom óptico de 30 aumentos.
Distancia focal	4,0-120 mm (ángulo de visión equivalente al de un objetivo de 22,5-675 mm en formato de 35 mm [135]).
Número f	f/3-5.8.
Construcción del objetivo	12 elementos en 9 grupos (2 elementos de objetivo ED).
Ampliación de zoom digital	Hasta 4 aumentos (ángulo de visión equivalente al de un objetivo de 2700 mm aprox. en formato de 35 mm [135]).
Reducción de la vibración	Combinación de desplazamiento de lente y VR electrónica (fotografías), Desplazamiento de lente (vídeos).
Reducción del desenfoque de movimiento	Detección de movimiento. (fotografías).
Enfoque automático	AF de detección de contraste.
Rango de enfoque	[Gran angular]: aprox. de 50 cm a infinito, [Teleobjetivo]: aprox. de 1,5 m a infinito. Modo macro: aprox. de 1 cm a infinito (cuando el zoom está ajustado en la posición media). (Todas las distancias están medidas desde el centro de la superficie frontal del objetivo).
Selección de la zona de enfoque	Central, detección de rostros.

Monitor	LCD TFT de 7,5 cm (3 pulgadas) y aprox. 921 000 puntos, con ángulo de visión amplio, tratamiento antirreflejos y 5 niveles de ajuste del brillo.
Cobertura del fotograma	Aprox. 97% horizontal y 97% vertical (en comparación con la imagen actual).
Cobertura del fotograma (modo de reproducción)	Aprox. 100% horizontal y 100% vertical (en comparación con la imagen actual).
Almacenamiento – Medios	Memoria interna (aprox. 65 MB), tarjeta de memoria SD/SDHC/SDXC.
Sistema de archivos	Compatible con DCF, Exif 2.3, DPOF y MPF.
Almacenamiento – Formato de archivo	Fotografías: JPEG; Imágenes 3D: MPO; Vídeos: MOV (Vídeo: AVC H.264/MPEG-4, Audio: AAC estéreo).
Tamaño de imagen (píxeles)	16 M (Alto) [4608 x 3456 (buena)]; 16 M [4608 x 3456]; 8 M [3264 x 2448]; 4 M [2272 x 1704]; 2 M [1600 x 1200]; VGA [640 x 480]; 16:9 [4608 x 2592].
Modos de disparo	Automático sencillo, Escena (Retrato, Paisaje, Deportes, Retrato nocturno, Fiesta/interior, Playa, Nieve, Puesta de sol, Amanecer/anochecer, Paisaje nocturno, Macro, Gastronomía, Museo, Fuego artificial, Copia blanco y negro, Contraluz, Panorama sencillo, Retrato de mascotas, Fotografía en 3D), Efectos especiales, Retrato inteligente, Automático.
Modos de disparo	Individual (ajuste predeterminado), Continuo A (las imágenes se capturan de manera continua a una velocidad de 8 fps aprox.), Continuo B (se capturan de manera continua hasta 38 imágenes a una velocidad de 2,1 fps aprox.), Continuo A: 120 fps (se capturan 50 fotogramas a una velocidad aprox. de 1/120 s o superior), Continuo A: 60 fps (se capturan 25 fotogramas a una velocidad aprox. de 1/60 s o superior), BSS (Selector del mejor disparo), Multidisparo 16.
Vídeo – Formato de archivo	1080 (buena)/30p (ajuste predeterminado): 1920 x 1080/16:9/aprox. 30 fps, 1080/30p: 1920 x 1080/16:9/aprox. 30 fps, 720/30p: 1280 x 720/16:9/aprox. 30 fps, iFrame 540/30p: 960 x 540/16:9/aprox. 30 fps, 480/30p: 640 x 480/4:3/aprox. 30 fps, HS 240/8 aumentos: 320 x 240/4:3, HS 480/4 aumentos: 640 x 480/4:3, HS 720/2 aumentos: 1280 x 720/16:9, HS 1080/0,5 aumentos: 1920 x 1080/16:9.
Sensibilidad ISO	ISO 125-1600; ISO 3200 (disponible cuando se utiliza el Modo automático).

Medición de exposición	Matricial, Ponderada central (zoom digital de menos de 2 aumentos), Puntual (zoom digital de 2 aumentos o más).
Control de la exposición	Exposición automática programada y compensación de exposición (de -2,0 a +2,0 EV en pasos de 1/3 EV).
Tipo de obturador	Obturador electrónico CMOS y mecánico.
Velocidad de obturación	1/1500-1 s; 1/4000 s (velocidad máxima durante el disparo continuo a alta velocidad); 4 s (cuando se establece el modo de escena en Fuego artificial).
Diafragma	Selección de filtro ND (-2 AV) controlado electrónicamente.
Rango de aperturas	2 pasos (f/3 y f/6 [Gran angular]).
Temporizador	Aprox. 10 s.
Alcance del flash (aprox.)	[Gran angular]: 0,5-6,0 m; [Teleobjetivo]: 1,5-6,0 m.
Control de flash	Flash automático TTL con predestellos de control.
USB	USB de alta velocidad.
Protocolo de Transferencia de Datos	MTP, PTP.
Salida de vídeo	Se puede elegir entre NTSC y PAL.
Salida HDMI	Se puede elegir entre Automático, 480p, 720p y 1080i.
Terminal E/S	Salida de audio/vídeo (A/V); E/S digital (USB); conector micro HDMI (Tipo D) (salida HDMI), conector de entrada de CC.
Idiomas admitidos	Alemán, árabe, bengalí, checo, chino (simplificado y tradicional), coreano, danés, español, finés, francés, griego, hindi, holandés, húngaro, indonesio, inglés, italiano, japonés, maratí, noruego, persa, polaco, portugués (europeo y brasileño), rumano, ruso, sueco, tamil, tailandés, telugu, turco, ucraniano, vietnamita.
Fuentes de energía	4 baterías alcalinas LR6/L40 (tamaño AA), 4 baterías de litio FR6/L91 (tamaño AA), 4 baterías recargables de Ni-MH EN-MH2 (disponibles por separado), Adaptador de CA EH-67 (disponible por separado).
Duración de la batería1	Fotografías: aprox. 320 tomas cuando se utilizan baterías alcalinas, aprox. 870 tomas cuando se utilizan baterías de litio, aprox. 540 tomas cuando se utilizan baterías EN-MH2; Vídeos (duración real de la batería para grabaciones) 2: aprox. 1 h 5 min cuando se utilizan baterías alcalinas, aprox. 3 h 25 min cuando se utilizan

	baterías de litio, aprox. 1 h 50 min cuando se utilizan baterías EN-MH2.
Conector de trípode	1/4 de pulgada (ISO 1222)
Dimensiones (An x Al x F)	Aprox. 111,0 x 76,3 x 84,5 mm (sin incluir las partes salientes).
Peso	Aprox. 470 g (incluidas las baterías y una tarjeta de memoria).
Entorno operativo – Temperatura	De 0 °C a 40 °C.
Entorno operativo – Humedad	85% o menos (sin condensación).
Accesorios suministrados	Correa de la cámara, 4 baterías alcalinas LR6/L40 (tamaño AA), Tapa del objetivo LC-CP28 (con cable), Cable USB UC-E16, Cable de audio/vídeo EG-CP16, CD de ViewNX 2, CD del Manual de referencia.
Accesorios opcionales	Cargador de la batería MH-73 (incluye cuatro baterías recargables de Ni-MH EN-MH2), Baterías recargables de Ni-MH EN-MH2-B4 (juego de cuatro baterías EN-MH2), Adaptador de CA EH-67, Correa de muñeca AH-CP1.

Anexo 9. Paper

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA: Análisis comparativo de técnicas de segmentación aplicada a la toma de decisiones de tratamiento odontológico a partir de imágenes digitales

---

Paper

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE SEGMENTACIÓN APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES DE TRATAMIENTO ODONTOLÓGICO A PARTIR DE IMÁGENES DIGITALES.

Autores: Fernando Coral Morán, Alex Macías Ávila

Resumen

La medicina con el afán de cubrir todas las enfermedades que se presentan en el cuerpo humano se vio en la necesidad de crear la rama de la odontología la cual se especializa en problemas de la cavidad bucal, dando como resultado que en la actualidad existan cientos de miles de odontólogos alrededor del mundo siendo los únicos capaces de identificar estos problemas. Sin embargo, viendo desde otras aristas de la ciencia como es la informática se puede identificar estos problemas mediante el uso de técnicas de análisis de imágenes digitales como se usan en otros campos de la ciencia. Se propone el desarrollo de un estado del arte sobre patologías de la cavidad bucal y técnicas de análisis de imágenes digitales para dar paso a la creación de técnicas de segmentación de imágenes para identificar el grado o nivel de deterioro que presenta la ICDAS (Sistema Internacional para la Detección y Evaluación de Caries) cediendo espacio a la toma de decisiones similar a las decisiones que tomaría un experto.

Palabras claves: Técnicas de segmentación, procesamiento de imágenes, matlab, análisis de imágenes digitales, ICDAS.

Introducción

Alrededor del mundo, se han detectado enfermedades crónicas que constituyen los principales problemas de salud pública, es claro que con el pasar del tiempo aparecen nuevas enfermedades. Entre los problemas que pueden causar este tipo de enfermedades son: el consumo excesivo de tabaco, el alcohol y las dietas ricas en azúcares. Las enfermedades bucales están directamente relacionadas al estilo de vida que llevan las personas. Dicho esto, las enfermedades que se originan en la cavidad bucal se consideran uno de los principales problemas que existe en la salud pública, esto se debe al gran impacto que tiene a nivel mundial [1], las estadísticas demuestran que las personas que viven en lugares geográficamente desfavorecidas o marginadas social y económicamente, son las más propensas a infectarse por una de estas enfermedades.

Las repercusiones en término de dolor y sufrimiento a menudo son más comunes en las personas que adquieren una

enfermedad bucal, así como el efecto negativo que puede tener en la calidad de vida de dichas personas. Una de las barreras que impide el tratamiento de las enfermedades bucales es el extremado costo que se genera por un tratamiento bucal, en países en vía de desarrollo o subdesarrollado donde los ingresos salariales son bajos y medianos, se complica el tratamiento para curar o combatir este tipo de enfermedades. Según datos de la Organización Mundial de la Salud las enfermedades que tienen origen en la cavidad bucal son la cuarta causa más costosa en relación al tratamiento que se debe seguir para combatirla.

Dentro de las enfermedades que afectan a la cavidad bucal existen dos enfermedades que son los más significativos las cuales son: la caries dental y la enfermedad periodontal. Pero sin embargo no son las únicas enfermedades que afectan a la cavidad bucal, existen otros tipos de enfermedades dentro de estas tenemos a la enfermedad de la erupción de las piezas dentales más conocida como la fluorosis dental, también existe una enfermedad conocida como los trastornos del desarrollo, enfermedades de la pulpa y las lesiones en la mucosa dental que son a menudo una de las enfermedades más comunes que afectan a la población.

La odontología con el objetivo de resolver problemas asociados a la salud bucal, ha permitido el paso de otras áreas de la ciencia, como es el caso de la informática, la cual presenta metodología de procesamiento digital de imágenes, como alternativa para la toma de decisiones en diagnósticos odontológicos.

Metodología

A continuación, se detalla las fases principales de la metodología referente al análisis y tratamiento de imágenes las cuales son cuatro:

1. **Captura de la imagen,** la primera fase de la metodología está destinada a la captura de imagen de diferentes piezas dentales, las cuales serán capturadas por medio de una cámara Nikon Coolpix L820, esta herramienta posee un sensor de imagen CMOS retroiluminado que posee 16 megapíxeles el cual permite capturar imágenes detalladas excepcionales, e incluso cuando exista escases de luz.

2. **Suavizado o filtrado,** en esta fase se utiliza un conjunto de técnicas que tiene un objetivo fundamental el cual consiste en obtener de una imagen denominada origen, otra imagen que se denomina final cuyo resultado obtenido sea más adecuado para la aplicación específica de lo que se quiere obtener, este proceso mejora algunas características de la imagen las cuales posibilitan efectuar operaciones del procesado sobre la misma [2].

3. **Segmentación de imágenes,** utilizado en la dividir la imagen en bloques homogéneos partiendo de su contorno, conectividad y conjunto de características entre pixeles para discriminar una región de otra dando como resultado una imagen binaria. Para la segmentación de la imagen se utiliza tres técnicas: la primera conocida como la Transformada de Sobel, la cual muestra cómo cambia una imagen de manera abrupta o suave en cada punto o pixel analizado, y así nos indica que tan probable es que se represente un borde en la imagen y, también la orientación a la que este borde va a tender [3],la segunda técnica es la transformada de Watershed la cual clasifica los píxeles de acuerdo a su proximidad espacial, el gradiente de sus niveles de gris y la homogeneidad de sus texturas [4] y la tercera técnica es la transformada de Canny la cual es un algoritmo usado en detección de bordes de imágenes u objetos. Se caracteriza por

evitar la ruptura de los bordes de los objetos [5]**.**

4. **Extracción de descriptores,** para esta fase se consideran tres tipos de características de las cuales tenemos: la característica de descriptor de colores mediante los pixeles de la imagen, la característica de color extraída de histograma y la característica de descriptores de texturas para posteriormente realizar una clasificación de caries.

Resultados

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se usará la misma imagen de una pieza dental, como se muestra en el gráfico N. 1, la cual corresponde al primer molar derecho del maxilar superior de un paciente de 13 años de edad en esta pieza dental se presenta una carie que encaja en grado 6. Esta es la pieza dental que será sometida por cada una de las técnicas de segmentación de imágenes descritas en el apartado anterior. Para el procesamiento de las imágenes se utilizará el software Matlab.

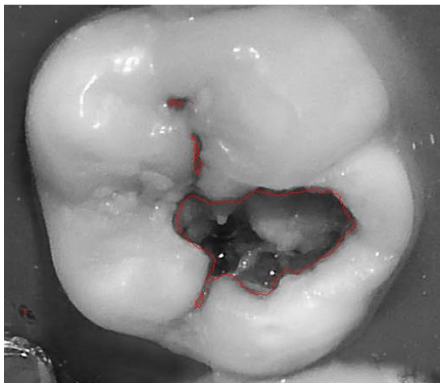
Gráfico N.1 Primer molar del maxilar superior

Una vez realizado el análisis comparativo entre las técnicas de segmentación de imágenes y verificando el resultado que arrojaron al momento de someter a pruebas las imágenes digitales de las piezas dentales, se determinó que la transformada de Sobel es la que ayudara a la creación del código encargado de identificar el área afectada como se muestra en el gráfico N. 2.

Una vez que la parte afectada es segmentada, se procede al cálculo del área en relación al total de la muela y la parte afectada dando el resultado por pixeles analizados, llevando estos resultados a porcentaje con la finalidad de ubicarlos en la tabla de identificación de caries dada por la ICDAS donde:

- Grado 1: 0,5% a 4,3%
- Grado 2: 4,31% a 9,69%
- Grado 3: 9,7% a 11,35%
- Grado 4: 11,36% a 13,9%
- Grado 5: 13,91% a 35,1%
- Grado 6: 35,11% o mayor

Gráfico N.2 Área afectada segmentada



Conclusiones

En el presente trabajo se ha realizado un análisis comparativo de técnicas de segmentación de imágenes como fueron watersed, sobel, canny. Después de la realización de las pruebas por cada una de las técnicas y descartando las que presentaron falsos positivos que podrían entorpecer el resultado final.

Determinando a la técnica de Sobel las que más se ha acercado a la realidad de lo que se presenta en la pieza dental analizada resaltando elementos como: el área, contorno, tamaño entre otros.

La fase de captura, se ha usado la cavidad bucal de 8 pacientes presentando varias piezas dentales afectadas por caries, las cuales se han separado por pieza dental detallando que pieza dental es y la afectación que presenta.

En la fase de segmentación, usando la técnica de Sobel para determina los límites que se presenta entre la parte sana y la parte afectada. Esta técnica por da mayor flexibilidad al momento de procesamiento de imágenes y acompañado del pre-procesamiento de imágenes para realizar el análisis.

En la fase de extracción de características, se ha detallado el cálculo del área sana y afectada en porcentaje, así mismo la segmentación del área afectada.

Del cálculo realizado en la pieza dental de prueba se detalla el área afectada que la más importante para poder realizar la comparación con la tabla dada por la ICDAS para así poder determinar en qué grado se encentra la carie, dándole al odontólogo un indicador de que posible tratamiento odontológico realizar.

Referencias

[1]. González Sanz, Á. M., Aurora, B., Nieto, G., & González Nieto, E. (2013). Salud dental: relación entre la caries dental y el consumo de alimentos. Nutr Hosp, 28(4), 64–71.

[2]. Marín. (2015). *Desarrollo de un sistema de ayuda a la decisión para tratamientos odontológicos con imágenes digitales*. Universidad de Málaga – España. P. 33.

[3]. Gálvez, S. (2014). OPERADORES DE DETECCIÓN DE BORDES. *Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas*, *31*(144), 378–381.

[4]. Gonzalez, M; Ballarin, V. (2008). segmentación de imágenes utilizando la transformada Watershed: obtención de marcadores mediante lógica difusa. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, *6*(2), 6.

[5]. Riveros Guevara Adriana;, Salas López Cindy;, & Leonardo Solaque Guzmán. (2013). Proximación a la navegación autónoma de una plataforma móvil, mediante visión estereoscópica artificial. Ciencia E Ingeniería Neogranadina, 22(2), 111–12.