



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México

FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

INTERACCIÓN HOMBRE MÁQUINA

Documentación del proyecto SMILE

POR: MARIO ALBERTO GUTIÉRREZ CORRAL
ALVARO TONATIHU FABIAN SILVERIO
JOSÉ MIGUEL ALONSO MUÑOZ

Profesor:
Dr. Marcelo Romero Huertas

Índice

1. Marco referencial	2
1.1. Predicción de morfología facial	2
2. Descripción del problema	5
3. Justificación	5
4. Análisis de requerimientos funcionales	5
5. Definición de especificaciones de usabilidad	6
6. Análisis de usuario y diseño del prototipo	8
6.1. Análisis del usuario	8
6.1.1. Análisis de tareas que realizará el usuario	8
6.2. Diseño	9
7. Implementación del prototipo	14
7.1. prototipado de la interfaz de usuario	15
7.2. prototipado funcional	18
8. Evaluación del prototipo y trabajo futuro	20
8.1. Evaluación del prototipo	20
8.1.1. Usuario 1	20
8.1.2. Usuario 2	20
8.2. Trabajo futuro	21
9. Referencias	23

1. Marco referencial

1.1. Predicción de morfología facial

La predicción de la morfología facial ha tenido como principio pronosticar la posición, tamaño y/o forma de una estructura craneofacial a partir de otra. Se ha realizado con estadística univariada y multivariada, a través de métodos paramétricos que han demostrado resultados significativos. Las investigaciones que implicaban evaluación craneofacial, inicialmente utilizaban métodos estadísticos muy sencillos y se consideraba el uso de la estadística multivariada únicamente en casos especiales donde la complejidad de las variables no permitiera resolver la problemática a través de una ecuación lineal simple. Una de las ventajas que representó el uso de la estadística multivariada fue permitir mayor robustez integrando variables y correlacionándolas, aunque la explicación de la misma tendría que estudiarse detalladamente para dar un resultado adecuado y entendible. Muchas de las variables tenían la característica de ser multidimensionales y se implementaron métodos como el D2 de Mahalanobis, el T2 de Hotelling y la función discriminante lineal de Fisher, dando resultados importantes aunque su entendimiento fuera complicado (1).

La predicción puede realizarse en casos en que se quiera conocer el crecimiento y desarrollo de un paciente y/o en la determinación de las maloclusiones esqueléticas, en las cuales el fin es observar el tratamiento más adecuado para el paciente; para esto se establecen modelos que intentan disminuir factores aleatorios que los puedan modificar, teniendo en cuenta los conceptos de patrón, crecimiento, armonía y balance (2).

Por lo general se calcula el error a través de la fórmula de Dahlberg (3) y se estandarizan las variables, se confirma la distribución normal mediante el test de Kolmogorov-Smirnov (3), después al tener los resultados se aplica estadística descriptiva en especial promedios y desviaciones estándar, continuado de una prueba de tStudent(3), ó estadística no paramétrica con el test de Mann-Whitney U (3), y/o una correlación de Pearson (3), seguido de un análisis de varianza ANOVA (3); en ocasiones se evalúan algunas variables con análisis lineal discriminante con el fin de saber si es un identificador de un grupo específico (2), o para extraer determinantes morfométricos para la distinción de tratamientos efectivos o no efectivos, seguido de un análisis multivariado, clusters y tablas cruzadas dos por dos, calculando los errores de predicción, se han utilizado análisis de componentes principales (2); y análisis de regresión múltiple por lo general complementaría los datos para obtener resultados a posteriori de los grupos significativos de los estudios (3).

Tanto en el crecimiento como en las maloclusiones se utilizan puntos anatómicos o landmarks que formarán planos o ángulos que se correlacionarán (2). La base craneal se relaciona con patrones de crecimiento esquelético, debido a que cuando una base craneal es obtusa la cara será divergente, por lo tanto el ángulo de la

base craneal se asocia con la posición anteroposterior de los maxilares (2). La angulación de la base del cráneo, un ángulo ANB mayor de 4° , un overjet mayor de 4mm, un perfil facial convexo, una relación molar bilateral Clase II en oclusión céntrica, entre otros, fueron usados para determinar la Clase II división 1 y observar las diferencias con un grupo control clase I y la relación de la divergencia facial con la maloclusión (3).

Para predecir el crecimiento se ha correlacionado la altura vertical inferior (ANS-Menton) y el tamaño y forma del contorno endocraneal tomando medidas desde Silla (S) hasta distintos puntos del contorno craneal (3); otro modo de predicción se hace mediante el potencial de crecimiento mandibular (GPM) a través de radiografías de mano-muñeca como indicador de maduración esquelética y también a través del método de Mito et al (MM) que tiene en cuenta el tamaño y forma de la tercera y cuarta vértebras cervicales, con el objetivo de pronosticar el crecimiento del maxilar inferior en pacientes con clase III esquelética (1). Adicionalmente, se encuentran también el análisis de los componentes craneales funcionales (FCC), los cuales se basan en la hipótesis de la matriz funcional y al analizar estos datos por métodos no paramétricos como el smoothing spline, se determinan curvas de ajuste para diseñar un patrón de crecimiento de cada uno de los FCC (3).

En ocasiones se reconoce una variable identificadora de un grupo, como en el caso de Pogonion a Punto A (Pg-A) que categorizó efectivamente el crecimiento de los pacientes de 6 a 18 años de edad en una población Noruega, además se observó que en muchos pacientes el perfil esquelético se vuelve más recto; sin embargo por lo general en relaciones mandíbula - base del cráneo anterior que se encuentran extremadamente alteradas no mejoran con la edad y muchas de ellas requieren un tratamiento interceptivo ya que reflejarán un crecimiento inadecuado (2), incluso este factor aplica en el caso de la presencia de una desarmonía extrema clase II dento-esquelética, ya que no existe una tendencia a corregirse con el crecimiento (1).

Es por lo anterior que también se ha intentado predecir la posición de estructuras con variables modificadoras de patrones como un tratamiento, por ejemplo en la clase esquelética en pacientes con mordida cruzada anterior, tomando el crecimiento en cuatro tiempos: justo antes del tratamiento, inmediatamente después de la corrección de la mordida cruzada anterior, después de dos años y 6 meses donde se obtiene una sobremordida vertical y horizontal adecuada, y después de completar el crecimiento craneofacial de la pubertad, prediciendo la efectividad o fracaso de un tratamiento convencional teniendo en cuenta características distintivas en un mismo tipo de maloclusión en diferentes pacientes (1). En este caso se analizaron mediante varios modelos de estadística multivariada, como correlación de Pearson en donde los resultados significativos son sometidos a un análisis de regresión y las medidas significativas se someten a análisis de regresión lineal múltiple (3).

También se han analizado datos longitudinales con controles anuales estableciendo curvas de crecimiento para relacionarlos con patrones horizontales y verticales, el modelamiento de estos se dan con métodos estadísticos multinivel y los paráme-

tros del modelo se estiman con mínimos cuadrados, estableciendo que hay mayor precisión de predicción con respecto al movimiento vertical del mentón medido desde Silla (Me-Y) y de la distancia lineal de los movimientos del mentón en relación a la silla (Me-R), confirmando que hay correlaciones positivas entre el tamaño y la velocidad de crecimiento, y que los pacientes con crecimiento extremo vertical empeoran al pasar el tiempo sobre los otros pacientes (1).

Con el tiempo se han ido implementando softwares estadísticos como el MLwiN que maneja datos perdidos y determina una clase de función matemática que describe una curva que se adapte a las medidas y explique las curvas de crecimiento promedio, así como herramientas avanzadas de procesamiento de imágenes, que inicialmente son empleados en otras áreas, los cuales paulatinamente se han aplicado en ciencias de la salud, tal es el caso de la morfometría geométrica, que comenzó a implementarse en la predicción de la morfología craneofacial como una hipótesis de puntos que mantienen la misma proporción a medida que una estructura aumenta de tamaño, llamados invariantes que se ubican dentro de una figura geométrica de 3 o 4 lados, y que pueden predecir la forma final de un contorno (3). Esta técnica gradualmente se ha definido más, ya que además de hacer estadística descriptiva, se superimponen los trazos por el método de Procrustes y se aplican análisis de componentes principales (3).

Por lo general para los análisis mencionados y algunos de morfometría geométrica se hacen observaciones y se trazan puntos sobre radiografías (2), sin embargo, la tecnología permite estar en función de este tipo de investigaciones, empleando imágenes obtenidas a partir de resonancia magnética o tomografías computarizadas, que determinan más precisamente el crecimiento craneofacial e incluso tendencias a maloclusiones en el paciente, tienen la ventaja de permitir la identificación de landmarks que son difíciles de encontrar en radiografías convencionales como en el caso de la base del cráneo donde se identifican la fosa anterior, media y posterior que sirven de parámetros en la evaluación y predicción de deformidades craneofaciales, determinado que la fosa anterior crece más rápido en hombres, la posterior en mujeres y la media es similar en ambos sexos, en ocasiones es necesario eliminar factores atípicos a través de la técnica Lowess Smoothing, que produce un efecto promedio de los datos (3), también se ha empleado en modelamiento de crecimiento mandibular las tomografías computarizadas, extrapolando 14851 semilandmarks un algoritmo de difusión geométrica condensada mapeadas a un espacio de Procrustes y examinándolas a través de análisis de componentes principales, extrayendo un subespacio de una dimensión que construyó un modelo satisfactorio, el error promedio más grande que fue encontrado fue de 3.7 mm (2).

2. Descripción del problema

El trazado cefalométrico es un estudio acerca del crecimiento facial y el diagnóstico de posibles patologías y anomalías.

Esta técnica se realiza manualmente, lo que lleva a un odontólogo a repetir y reproducir incontables veces las estructuras cefalométricas para cada paciente.

La cefalometría se realiza sobre un trazado obtenido del calco de líneas fundamentales de una radiografía lateral de la cara obtenida del paciente según unas normas determinadas que nos permiten estandarizar los resultados y compararlos con patrones normales.

Existen pacientes con una estética especial, lo que supone una gran dificultad a la hora de encontrar un patrón único de belleza, (el concepto de belleza es distinto en cada persona) Un ejemplo claro de esto es la diferencia entre el sexo masculino y el femenino, que hacen variar las proporciones faciales.

3. Justificación

Existen tres factores que nos llevan a proponer un software automatizado para la detección de puntos cefalométricos que son:

1. Es frecuente un patrón de crecimiento vertical con inclinación superior del extremo anterior de la base del maxilar.
2. También se puede ver un patrón de crecimiento vertical con inclinación inferior del extremo anterior de la base del maxilar.
3. Otra variante incluye un patrón de crecimiento horizontal con una mordida abierta producida por una inclinación anterosuperior de la base del maxilar.

Con lo anterior podemos justificar la tarea en un cálculo de medidas basadas en patrones y comportamientos estándar para analizar a muchos pacientes mediante un software. Además de que se reduciría el tiempo de trazado en cada radiografía.

4. Análisis de requerimientos funcionales

- 1.- Trazado del cefalograma.
- 2.- Identificación de puntos cefalométricos.
- 3.- Cálculo de índices cefalométricos.
- 4.- Identificación de regiones dentales.
- 5.- Generación de reporte clínico.
- 6.- Historial de reportes clínicos por paciente.
- 7.- Manipulación interactiva de radiografías.

5. Definición de especificaciones de usabilidad

Atributo	Abrir una radiografía
Concepto a medir	Completar la apertura de una radiografía
Método de medición	Minutos/segundos que tarda el usuario en abrir una radiografía
El peor caso	10 minutos
Nivel planeado	2-5 minutos
El mejor caso	1:30 minutos

Cuadro 1: Esta métrica nos ayudará a determinar si la interfaz y el funcionamiento del filechooser es aceptable para un usuario y que le permita hacer un uso sencillo de éste.

Atributo	Realizar el trazado cefalométrico
Concepto a medir	Facilidad con que el usuario realiza la tarea
Método de medición	Cuestionar al usuario sobre la dificultad que se tuvo para realizar la tarea que se solicitó
El peor caso	Es muy difícil realizar el trazado
Nivel planeado	Facilidad para terminar el trazado
El mejor caso	Se tuvo una intuición desde el principio y no lo hace frustrante o aburrido

Cuadro 2: Esta métrica nos ayudará a determinar si el software es intuitivo a la hora de realizar los trazados, ya que si se reporta una dificultad para realizar el trabajo puede que el usuario se frustre y no use el programa. En cambio, si se reporta facilidad de uso el usuario tendrá libertad para manipular mejor el programa

Atributo	Imprimir reporte
Concepto a medir	Completar la tarea asignada
Método de medición	Tiempo que tardó el usuario en realizar la tarea
El peor caso	5 minutos
Nivel planeado	2-4 minutos
El mejor caso	1 minuto

Cuadro 3: Esta métrica nos ayudará a determinar si la interfaz muestra intuitividad a la hora de imprimir reportes y la facilidad de ésta

Atributo	Apariencia
Concepto a medir	Gusto del usuario por la apariencia del prototipo
Método de medición	Cuestionario de opinión sobre la interfaz que se presenta al usuario
El peor caso	No le gustó al usuario la interfaz que se le presentó
Nivel planeado	El usuario provee sugerencias para mejorar la interfaz.
El mejor caso	No se percibe queja alguna por parte del usuario

Cuadro 4: Esta métrica nos ayudará a determinar la preferencia por la apariencia de la interfaz, el programa que se presenta nos permitirá conocer las ausencias y mejoras de características, las cuales se verá la posibilidad de implementar en un futuro.

6. Análisis de usuario y diseño del prototipo

6.1. Análisis del usuario

La población que utilizará por el momento esta aplicación está limitada a:

- Se buscan usuarios que estén familiarizados con el uso de programas similares para realizar la tarea(características de iniciante avanzado al menos).
- El grado de estudio debe ser a nivel licenciatura relacionado a las áreas dentales.
- El estilo de aprendizaje tampoco será un factor importante para la elección de usuarios ya que se incluirá una opción de "tutorial".
- Idioma español (latino).

6.1.1. Análisis de tareas que realizará el usuario

Las tareas que deberá cumplir el usuario serán:

- El usuario deberá buscar y abrir expedientes.
- El usuario deberá realizar el trazado cefalométrico de la radiografía.
- El usuario deberá imprimir la radiografía tratada.

NOTA: ESTAS TAREAS SE DETALLAN EN EL DOCUMENTO DE PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS DE SOFTWARE

6.2. Diseño

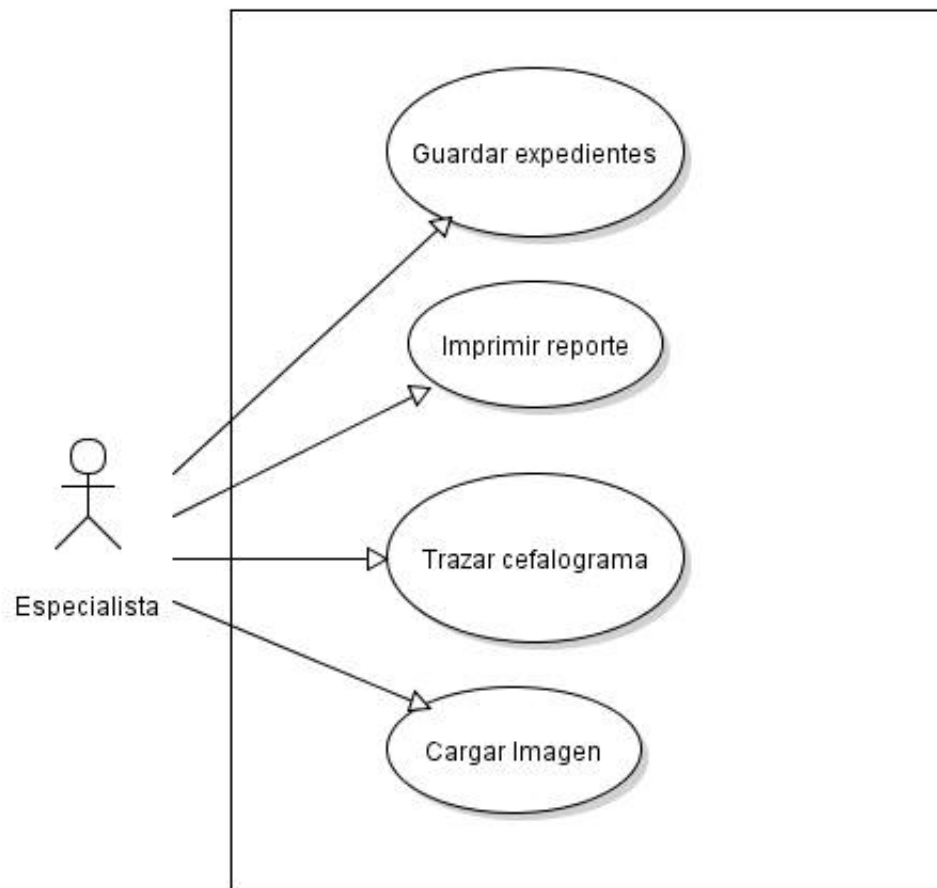


Figura 1: Diagrama de casos de uso.

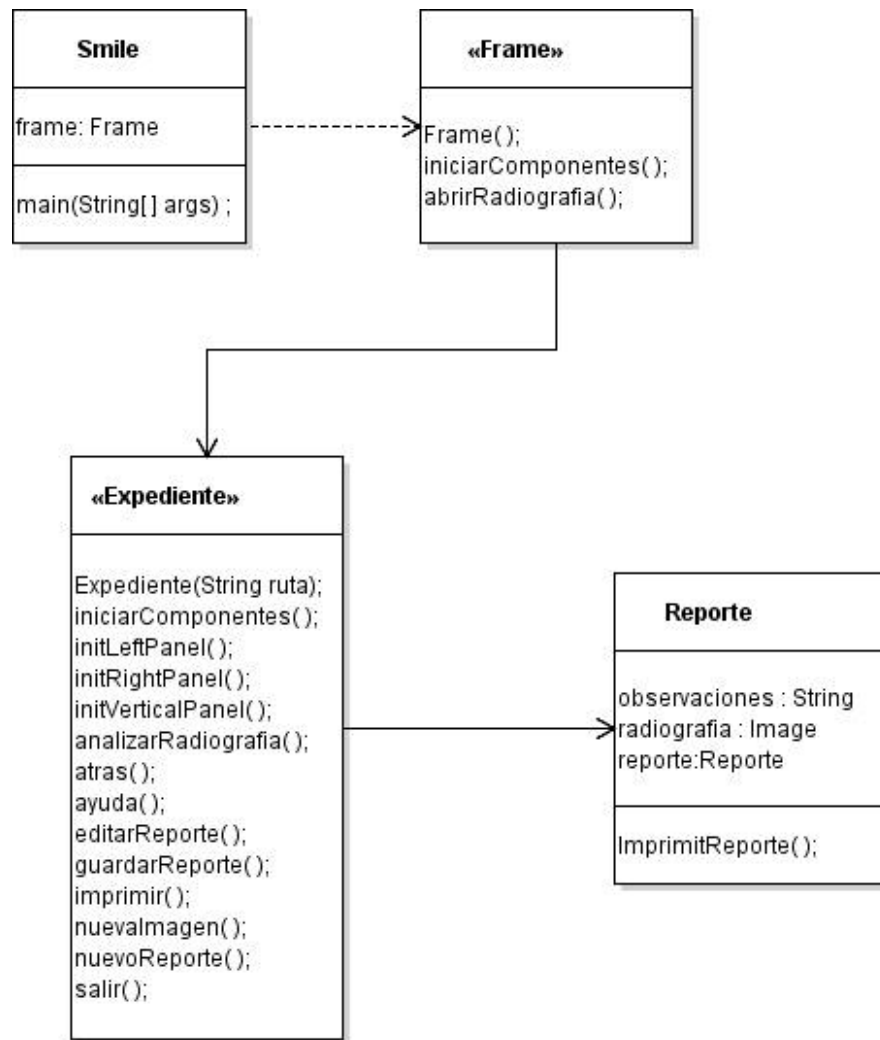


Figura 2: Diagrama de casos de uso.

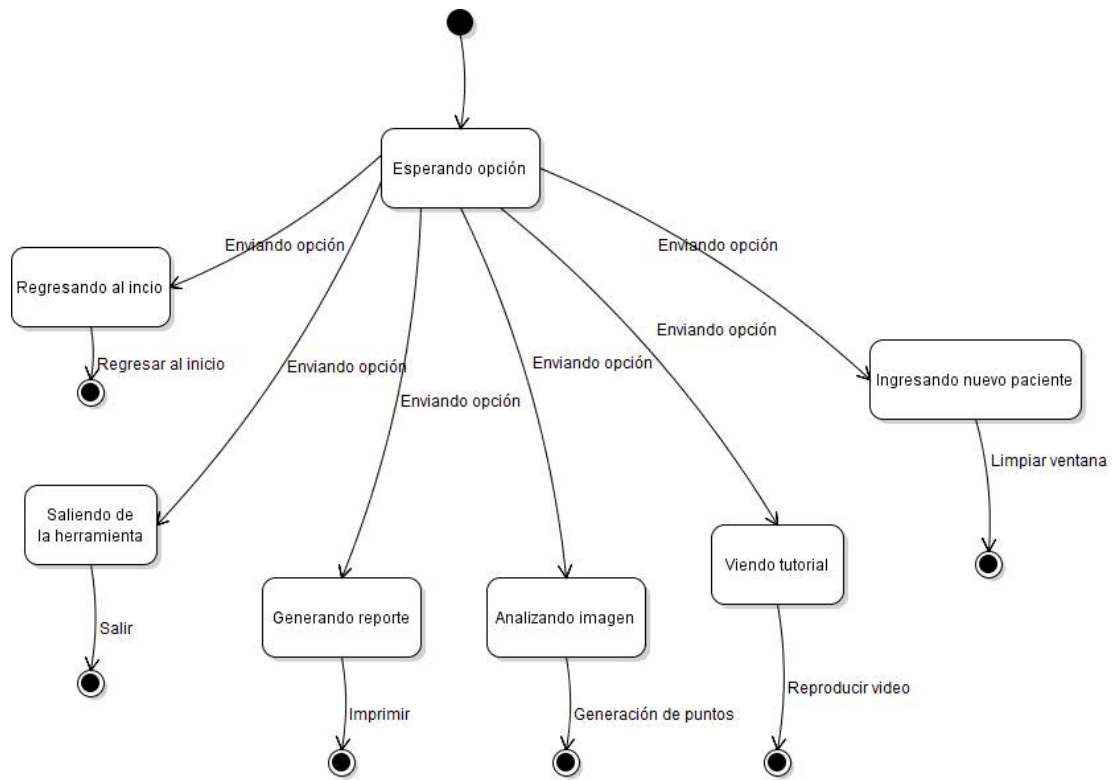


Figura 3: Diagrama de estados de la aplicación.

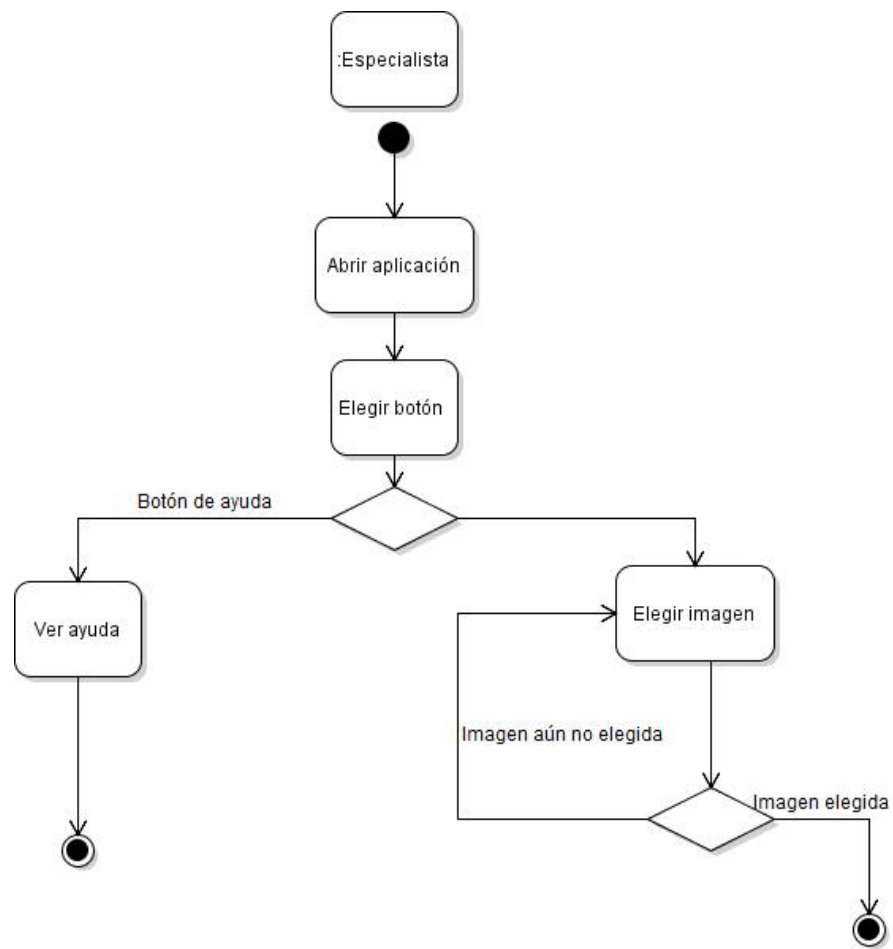


Figura 4: Diagrama de estados del usuario.

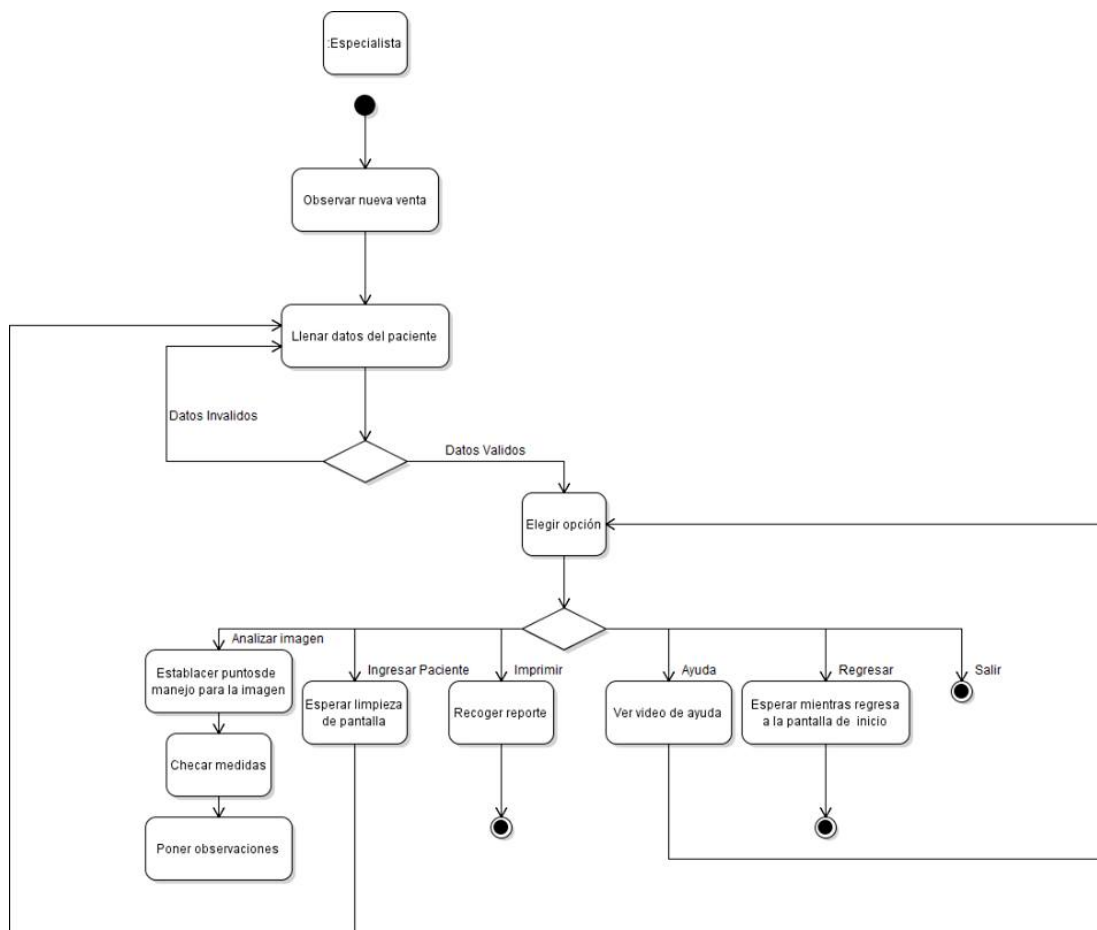


Figura 5: Diagrama de actividades del usuario.

7. Implementación del prototipo

Todo el proyecto ésta basado en dos lenguajes principales, java y matlab. Haciendo una conexión entre Java y Matlab pudimos aprovechar las bondades de Matlab sin perder la base principal del proyecto, Java.

Java fue ocupado para la mayoría del proyecto, tanto para interfaces así como para parte de la funcionalidad del proyecto.

Matlab fue ocupado para el tratado de las radiografías.

NOTA: por motivos de privacidad del proyecto no se incluyen partes de código, para así resguardar la integridad del mismo.

7.1. prototipado de la interfaz de usuario

El diseño de interfaces para el primer prototipo quedó de la siguiente manera:

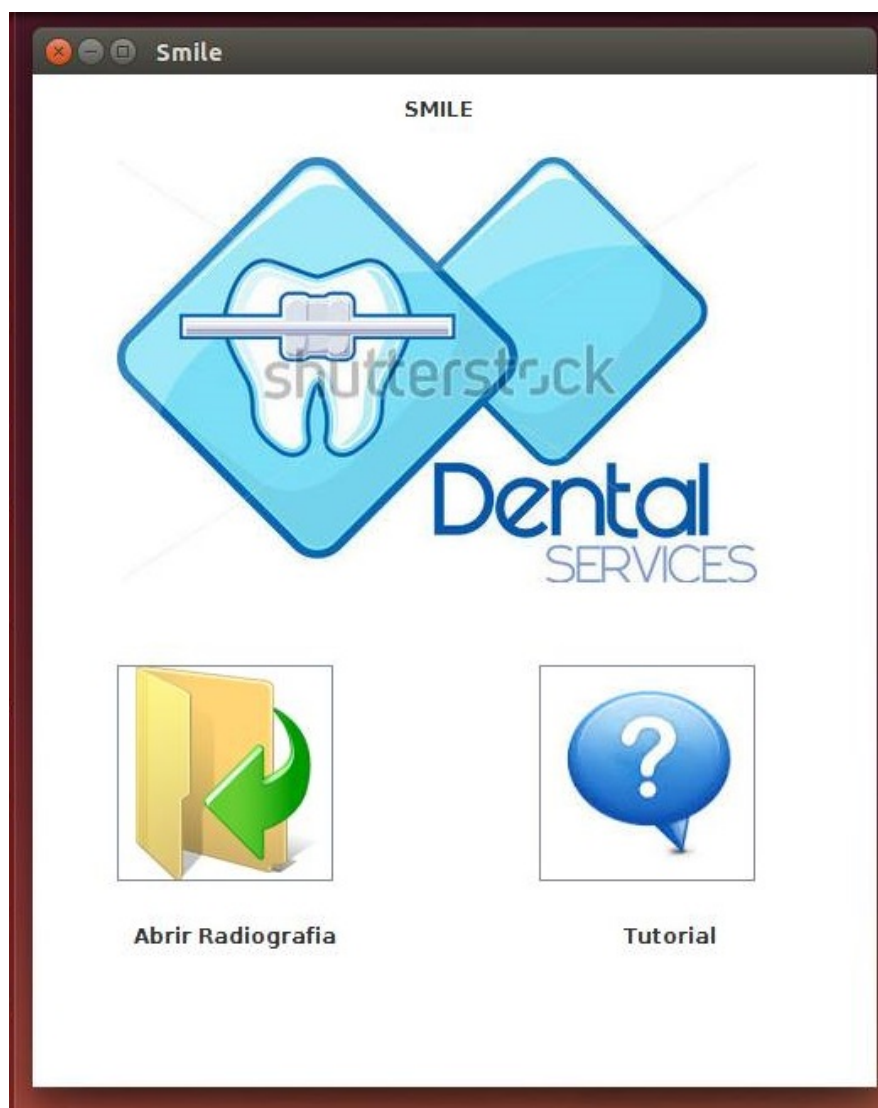


Figura 6: Interfaz principal del programa.

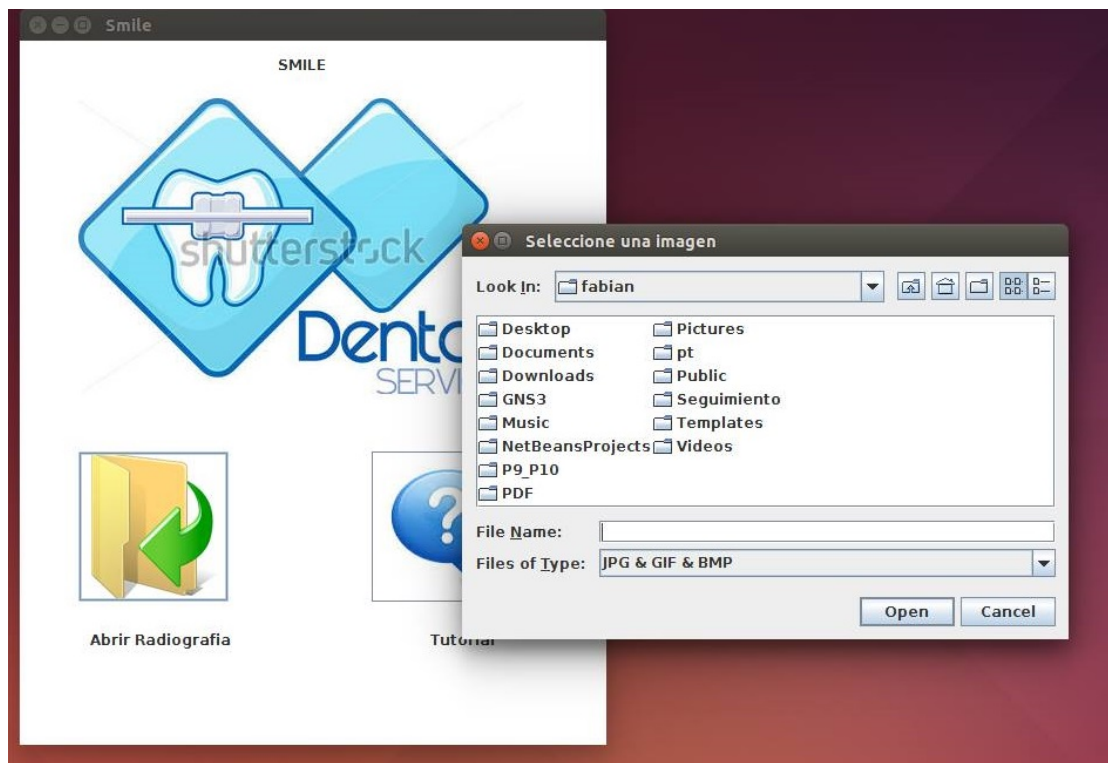


Figura 7: Interfaz que se muestra para buscar radiografías.

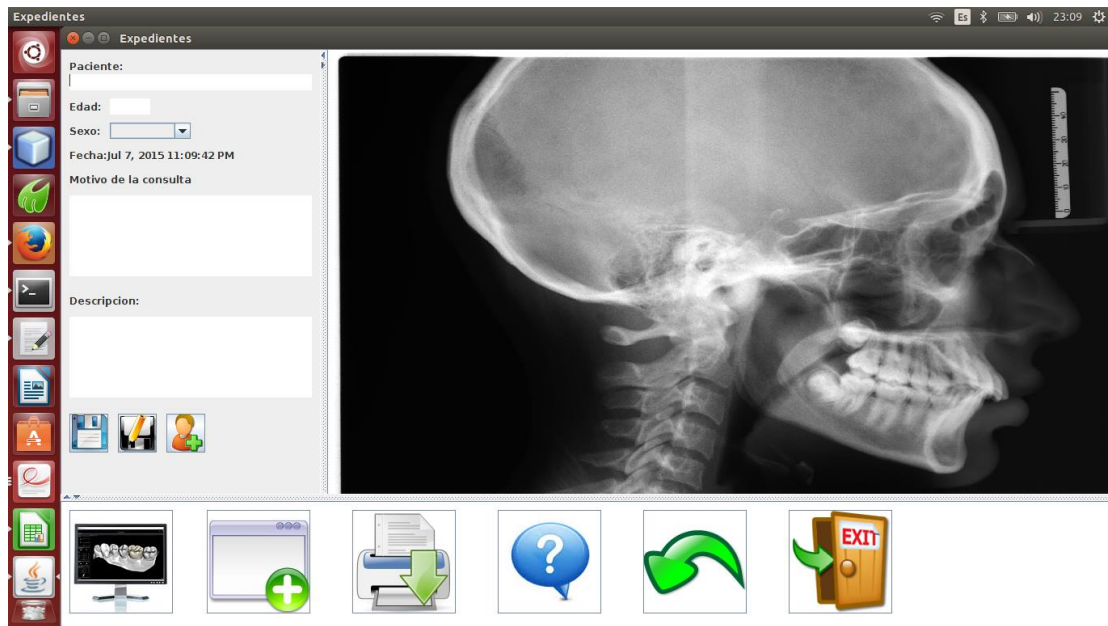


Figura 8: Interfaz donde se realizará la manipulación de radiografías.

Como se puede observar la interfaz gráfica se muestra de forma más llamativa e intuitiva, justificado por las encuestas realizadas, dónde se sugería esto.

7.2. prototipado funcional

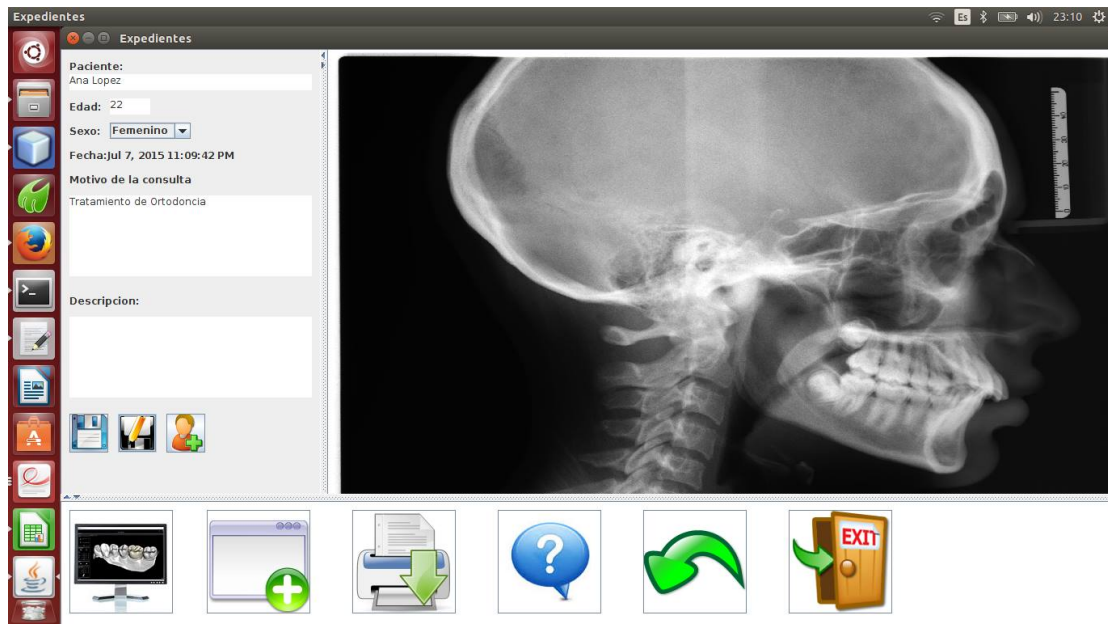


Figura 9: Observando la imagen se puede apreciar la funcionalidad de ir haciendo notas en forma de reporte a la izquierda de la radiografía.

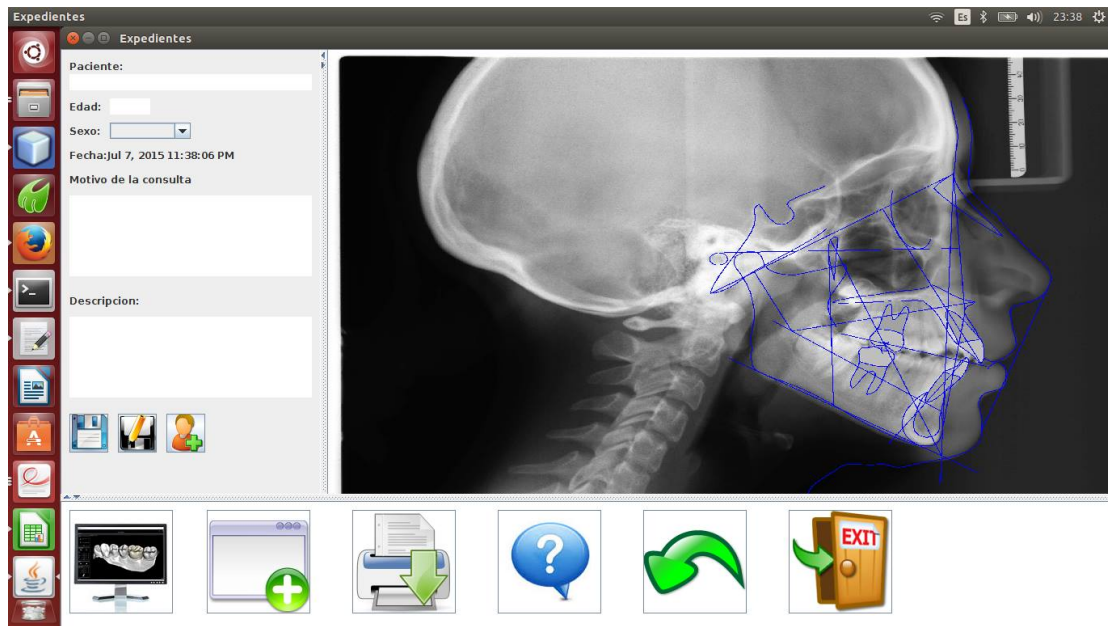


Figura 10: En ésta imagen se puede apreciar la funcionalidad del trazado, si bien en estos momentos es asistido se planea automatizarlo en una segunda etapa de desarrollo.

8. Evaluación del prototipo y trabajo futuro

8.1. Evaluación del prototipo

8.1.1. Usuario 1

A lo largo de la evaluación de la herramienta SMILE el usuario logró ubicar con facilidad el elemento para abrir una radiografía, sin embargo tuvo bastantes dificultades al estar buscando la imagen a analizar. De tal forma el usuario expresó su inconformidad por el método que se empleó para la búsqueda las imágenes. Tras un lapso de 5 min. El usuario logró continuar con la evaluación.

En la ventana que se mostró tras haber elegido la imagen, el usuario pudo ver con claridad la imagen seleccionada, también demostró una gran facilidad para la generación de puntos antropométricos dentro de la imagen. Esto se deba a que la herramienta aún debe ser asistida por la mano humana. Tras haber hecho la ubicación de los puntos procedió a llenar los datos del usuario donde cometió un pequeño error dentro de uno de los campos solicitados, sin embargo el usuario identificó rápidamente el campo donde había cometido el error. Después de haber hecho la corrección escogió la opción de impresión de reporte la cual ubicó con gran facilidad así como también el resto de los símbolos de guardado de reporte, etc. La opinión en general del usuario fue:

La herramienta muestra una gran ayuda a la persona que este empleando la herramienta sin embargo, esta tiene diversos aspectos que deben ser cubiertos como por ejemplo la ubicación de los archivos de imagen para las radiografías, otra observación que realizó el usuario fue el color con el que se pintan los puntos y líneas que se observan en la imagen a analizar

8.1.2. Usuario 2

Al inicio de la evaluación el usuario mostró estar en calma, ya que pudo abrir el menú para la búsqueda de la imagen pero después empezó a mostrar cierto nivel de enojo ya que no encontraba la carpeta de imágenes, así que solicitó ayuda a un joven practicante que se encontraba con el usuario en el consultorio, al momento en la que el joven observó la pantalla dijo al usuario como podía encontrar las imágenes. Con ello el usuario ubicó rápidamente las imágenes, una vez elegida la imagen el usuario observó la imagen con cierto desagrado esto se debió un poco a la función de reescalar con la que cuenta la herramienta.

Una vez en la ventana el usuario hizo la ubicación de los puntos fáciles principales, donde hizo mención que no podía ver bien los puntos debido al color que estos tenían. Tras haber hecho esto el usuario continuó con la prueba donde pudo encontrar de manera rápida y pronta la opción de generar reporte. Con esto el usuario logró terminar la prueba, donde el joven que lo acompaña en su consultorio, pidió disculpas por el comportamiento del usuario durante la prueba.

8.2. Trabajo futuro

Actualmente la herramienta aún es asistida, así que se tiene como objetivo a futuro hacer que la misma funcione de forma automática para la generación de los puntos antropométricos faciales. Así que para este aspecto se propone la siguiente métrica.

Atributo	Trazado cefalómetro automático
Concepto a medir	Mostrar la imagen con los puntos cefalométricos solicitados por el usuario
Método de medición	Minutos/segundos que tarda la herramienta en generar los puntos solicitados
El peor caso	5 minutos
Nivel planeado	3-4 minutos
El mejor caso	2 minutos

Cuadro 5: Esta métrica nos ayudará a determinar la herramienta es lo suficientemente eficaz para procesamiento de la imagen.

Otro punto de mejora a considerar es el guardado de expedientes, ya que esto es de vital importancia para el especialista, debido a que la mayoría de ellos guardan los expedientes para futuras referencias. Por ello la siguiente métrica a considerar se establecería de la siguiente forma.

Atributo	Guardar expediente
Concepto a medir	Completar el guardado de un expediente del paciente que se está atendiendo
Método de medición	Minutos/segundos que el usuario emplea en guardar un expediente
El peor caso	8 minutos
Nivel planeado	2-3 minutos
El mejor caso	1 minutos

Tras ver los puntos antropométricos el especialista podrá hacer una manipulación de las piezas dentales esto, con la finalidad de saber que procedimientos deberá aplicar y cuánto tiempo durará el tratamiento al paciente. Entonces con

Atributo	Manipular las piezas dentales de la imagen
Concepto a medir	Completar la manipulación de las piezas deseadas
Método de medición	Minutos/segundos que el usuario usa para la manipulación de las piezas
El peor caso	30 minutos
Nivel planeado	10-25 minutos
El mejor caso	8 minutos

lo anterior la propuesta métrica es:

Una vez establecido y explicado los procedimientos que se le aplicaran al paciente, el especialista podrá mostrar al paciente como que es lucirá después del tratamiento a aplicar, con modelado 3D para mejor apreciación.

Atributo	Mostrar el modelado 3D al paciente
Concepto a medir	Generar el modelo en tercera dimensión
Método de medición	Minutos/segundos que el usuario tardó en mostrar el modelado
El peor caso	25 minutos
Nivel planeado	15-20 minutos
El mejor caso	10 minutos

Por ultimo tenemos como objetivo el correcto escalamiento de la radiografías a manipular, esto es importante ya que el especialista debe ser capaz de observar con claridad la radiografía para realizar una manipulación correcta de la misma, por ello la métrica se emplearía de siguiente forma.

Atributo	Escalar la imagen
Concepto a medir	Mostrar la imagen de acuerdo al tamaño establecido en la ventana del usuario
Método de medición	Minutos/segundos que la herramienta ocupa para re escalar la imagen
El peor caso	1 segundo
Nivel planeado	15-20 segundos
El mejor caso	10 milisegundos

9. Referencias

1. Kowalski CJ. A commentary on the use of multivariate statistical methods in anthropometric research. *Am J Phys Anthropol.* 1972 Jan;36(1):119-32. Pub-Med PMID: 5057727. Epub 1972/01/01.
2. Moyers RE, Bookstein FL, Guire KE. The concept of pattern in craniofacial growth. *Am J Orthod.* 1979;76(2):136-48. eng.
3. El-Batran M, Soliman N, El-Wakil K. The relationship between cranial base and maxillo-facial morphology in Egyptian children. *J Comp Hum Biol [Internet].* 2008; 59(4):[287-300 pp.].
4. Houston WJB. A textbook of orthodontics. Gran Bretaña. Ed. Wright. Second edition. 1998.
5. Stockfi sch H. The principles and practice of dentofacial orthopaedics. United Kingdom. Quintessence Books. 1998.
6. Graber T, Rakosi T, Petrovic A. Ortopedia dentofacial con aparatos funcionales. España. Harcourt. Segunda edición. 1998.
7. Silva R. Aplicación práctica de los indicadores de profundidad de sobre mordida vertical, displasia anteroposterior e índice de extracción. UNAM, FES Zaragoza 2004.
8. Zou B, Zeng X, Tseng JY. A classifi cation of anterior open bite. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* China 2001; 36 (1): 61-63.
9. Beane R, Reimann G. A cephalometric comparison of black open-bite subjects and black normals. *The Angle Orthodontist* 2002.
10. Beckman S, Segner D. Changes in alveolar morphology during open bite treatment and prediction of treatment result. *European Orthodontics Sociaty* 2002; 24: 391-406.
11. Haralabakis NB, Yiagtzis SC, Toutountzakis NM. Cephalometric characteristics of open bite in adults: a three-dimensional cephalometric evaluation. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1994;
12. Tanaka S. Morphological study of open bite. Skeletal Class I and Class II open bite. *Aichi Gakuin Daigaku Shigakkai Shi.* Japón 1990; 28 (4): 1129-1150.
13. Dix Alan, Finlay Janet, D. AbowdGregory, Beale Russell. Human-computer interaction. Third edition, Pearson 2004