



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE COMPUTACIÓN

Automatización de las Mediciones para el Diagnóstico en Ortodoncia.

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela por la **Br. Yang, Wei Hsiu** para optar al título de Licenciado en Computación

Tutora: Dra. Zenaida Castillo.

Caracas, Venezuela

Octubre 2013

Índice general

1. Introducción	7
2. Planteamiento del problema	9
2.1. Antecedentes	10
2.2. Objetivos	12
2.2.1. Objetivo General	12
2.2.2. Objetivos Específicos	13
2.3. Justificación	13
2.4. Aplicaciones existentes	14
2.5. Delimitación	17
3. Método para obtener la discrepancia dentaria	19
3.1. Medición del espacio disponible	20
3.2. Medición del espacio requerido	21
3.2.1. Análisis de Moyers	23
3.2.2. Análisis de Tanaka - Johnston	23
3.3. Discrepancia dentaria	24
3.4. Índice de Bolton	24
3.5. Otras mediciones	25
3.5.1. Anchuras Bicaninas	25
3.5.2. Anchuras Bimolares	25

4. Desarrollo del software	26
4.1. Características del software	26
4.2. Estructura de la aplicación	26
4.3. Metodología de desarrollo	27
5. Automatización de los procesos	31
5.1. Digitalización de los modelos	31
5.2. Proceso automatizado	32
5.3. Espacio Disponible	34
5.4. Calibración de la imagen	37
5.5. Las Mediciones	38
5.5.1. Tamaños mesio-distales de los dientes	38
5.5.2. Anchura bicanina y bimolar	39
5.5.3. Mediciones indirectas	40
6. Resultados experimentales	45
6.1. Espacio disponible y espacio requerido	45
6.1.1. Análisis de la experimentación	46
7. Conclusión	48

Índice de figuras

2.1. Angle, E.H.	11
2.2. División de la dentadura por sectores.	11
2.3. Las caras de los dientes.	12
2.4. Interfaz de Bolton Calculator 2002 Versión 3.21	14
2.5. Interfaz The Bolton's Tooth Size Discrepancy	15
2.6. Interfaz ejemplo de aplicación desarrollada por Paredes.	16
2.7. Interfaz de aplicación desarrollada por la Clínica odontológica del Rey.	17
2.8. Interfaz de la aplicación Ortho Studio.	17
3.1. Modelo de estudio	20
3.2. Materiales requeridos para la medición	20
3.3. Sectores del espacio disponible.	21
3.4. Determinación del espacio disponible con alambre de latón.	22
3.5. Calibrador dental para medición de diámetro mesio-distal de los dientes.	22
3.6. Predicción estadística de la Tabla de Moyers	23
4.1. Modelo-Vista-Controlador	28
4.2. Diagrama secuencial del MVC	28
4.3. Estructura de la aplicación.	29
4.4. Modelo espiral iterativo.	29
5.1. Digitalización de los modelos de estudio en el escáner.	32

5.2. Modelo digitalizado y cargado en el Software.	33
5.3. Ventana para abrir el archivo que contiene de la imagen.	34
5.4. Los campos de la interfaz de usuario	35
5.5. Curva de interpolación, ajuste polinomial.	35
5.6. Unión de puntos que pasan por el centro de cada diente.	37
5.7. Puntos modificados y ajustados por el usuario.	38
5.8. Trazado y medida de la longitud de arco.	39
5.9. Espacio requerido en un modelo inferior y erupcionado	40
5.10. Espacio requerido en un modelo superior y no erupcionado.	41
5.11. Trazado y medida de la anchura bicanina.	42
5.12. Trazado y medida de la anchura bimolar.	42
5.13. Guardar imagen de salida en archivo.	43
5.14. Archivo de texto guardado.	43
5.15. Resultado de la discrepancia dentaria.	44
5.16. Resultado de las asimetrías de los dientes.	44
5.17. Resultado del índice de Bolton anterior y total.	44
6.1. Tamaño de los dientes, calculados por la aplicación	46

Lista de Tablas

6.1. Comparación de mediciones: método tradicional y método automatizado.	46
6.2. Espacio Disponible. Resultados del método tradicional y calculado con método automatizado.	47
6.3. Anchuras. Resultados del método tradicional y método automatizado. .	47

Introducción

A fin de realizar un diagnóstico correcto y diseñar un buen esquema de tratamiento, el ortodoncista requiere estudiar modelos y radiografías de la dentadura. El modelo en yeso permite al profesional hacer un análisis detallado de la discrepancia entre el tamaño mesio-distal de los dientes superiores e inferiores, longitud de arco, forma y simetría de los arcos, entre otros. Apoyado por los análisis cefalométricos, el ortodoncista puede proponer de un tratamiento dentario con o sin extracciones.

En el análisis tradicional se realizan una serie de mediciones, observaciones y registros de forma manual y con los instrumentos adecuados. Sin embargo, en la mayoría de los casos, este trabajo es laborioso, debe ser sincronizado y consume tiempo.

Considerando el gran avance en el tratamiento digital de imágenes y la velocidad de cómputo de los ordenadores, resulta tentador buscar alternativas de software que procesen estas imágenes digitalizadas.

En este trabajo se desarrolla un software de aplicación, basado en la arquitectura MVC (modelo, vista, controlador) mediante la cual el usuario (técnico u ortodoncista) introduce la fotografía del modelo de estudio, digitalizada, en un formato computacional apropiado a través de una interfáz de usuario apropiada. La aplicación brindará al usuario una plataforma para señalar puntos de interés sobre la imagen, y el ordenador aplicará varias técnicas para generar las mediciones que se requieren para hacer el diagnóstico.

A partir de las mediciones primarias, la herramienta brinda al usuario la oportunidad de aplicar diferentes cálculos de magnitudes para el diagnóstico, tales como la discrepancia dentaria, índice de Bolton y algunas relaciones entre las anchuras dentarias.

Se adoptó Java como lenguaje para el desarrollo de una aplicación multiplataforma. La interfaz de usuario fue pensada para satisfacer los requerimientos del análisis y permitir al usuario hacer todas las mediciones desde la misma entrada (la imagen de modelo). Por otra parte, la aplicación fue diseñada para un conjunto reducido de

usuarios: ortodoncistas, técnicos de la ortodoncia o especialistas del área. El diseño de la interfáz de usuario fue concebido en pro de satisfacer las características validez, claridad, portabilidad y fiabilidad.

Considerando el método tradicional existente y la propuesta de este trabajo, se puede decir que se ha diseñado una aplicación que automatiza el proceso de análisis de modelo de estudio que incorpora técnicas numéricas eficientes para el manejo de los datos, ya que a través de fórmulas y reglas matemáticas simples, se simula el proceso manual para medir las arcadas.

El resto del documento está dividido de la siguiente manera:

- Capitulo 2: Antecedentes, objetivos, justificación y alcance.
- Capitulo 3: Método tradicional.
Se describen las mediciones básicas usadas en el método tradicional que se utilizan para el análisis.
- Capitulo 4: Desarrollo del software.
Se definen las características y la estructura de la aplicación propuesta y la metodología usada en el proceso de desarrollo de la aplicación.
- Capitulo 5: Automatización de procesos Se introduce los métodos numéricos para la automatización del proceso de mediciones y posterior análisis, así como también el diseño de la interfáz.
- Capitulo 6: Pruebas o Casos de uso.
Se presenta un análisis detallado del desarrollo del software propuesto. Se definen las pruebas y el resultado producido por el software.
- Capitulo 7: Conclusión
Se resume el trabajo, los logros obtenidos, los aportes al diagnóstico en ortodoncia y se sugieren algunas líneas de investigación a futuro.

Planteamiento del problema

En la práctica de la ortodoncia, al igual que en todas las especialidades de la salud, el diagnóstico es la base para cualquier decisión terapéutica. Un diagnóstico correcto requiere de varios elementos, que organizados y estudiados conducen al ortodoncista a proponer el mejor tratamiento al paciente.

La discrepancia dentaria es una herramienta para el diagnóstico en ortodoncia. Se fundamenta, en la diferencia entre el espacio disponible a lo largo del arco dentario y la distancia mesio-distal de los dientes superiores e inferiores. Si la longitud de la arcada es mayor que el tamaño de los dientes habrá un espaciamiento que se asume como discrepancia positiva. De lo contrario, si la longitud es menor que el tamaño de los dientes, habrá apiñamiento o discrepancia negativa.

Es de fundamental importancia para el profesional disponer de la medida del perímetro del arco dentario. Con esta medida el ortodoncista podrá:

1. Determinar el espacio disponible, en el cual se ubicarán los dientes alineados correctamente.
2. Conocer los efectos sobre la oclusión al culminar el tratamiento de ortodoncia.

En el método tradicional, obtener las medidas de los tamaños de los dientes y la longitud de la arcada y calcular la discrepancia dentaria es relativamente simple; sin embargo conlleva un proceso manual tedioso, repetitivo y poco verificable. Por esta razón, se planteó diseñar y se desarrolló una aplicación para automatizar este proceso no sólo para reducir los tiempos de las mediciones sino también para obtener datos más precisos y confiables para el análisis posterior.

2.1. Antecedentes

El término ortodoncia proviene de dos palabras griegas *orto* (rectitud) y *odóntos* (diente) y traduce su propósito de corregir las irregularidades en las posiciones dentarias. Así, Delabarre [5], en 1819, planteó la necesidad de crear una especialidad médica que se ocupara del estudio de la boca y la corrección de deformaciones posicionales.

Una de las herramientas importantes en la predicción y tratamiento dentario para la obtención de una óptima oclusión es el estudio de los diámetros mesio-distales coronarios de las piezas dentarias maxilares y mandibulares, y la relación existente entre ambos denominada discrepancia dentaria.

Desde mediados del siglo XX se han reportado los efectos de las discrepancias entre el tamaño mesio-distal de los dientes superiores e inferiores, sobre la oclusión en la culminación del tratamiento ortodóncico. Varios autores han argumentado que las discrepancias dentarias individuales o en grupos de dientes podrían estar asociadas con el apiñamiento y espaciado dental (Bolton, 1958, 1962; Tayer, 1992; Heusdens et al., 2000; Smith et al., 2000). Algunos autores, basándose en el análisis de la oclusión normal, propusieron proporciones ideales de los tamaños de los dientes. (Ballard, 1944; Bolton, 1958, 1962; Barrett et al., 1963; Hixon y Oldfather, 1958; Hunter y Priest, 1960; Lundstron, 1981; Moorres & Reed, 1994; Nance, 1947; Neff, 1949; Peck & Peck, 1972; Saatçi & Yukay, 1997) [6].

Delabarre [5], trató la parte mecánica, y proponía un tipo especial de médico que dedicara su atención al estudio de la boca y a la corrección de las irregularidades posicionales. En 1928 Angle [1] (ver figura 2.1) desarrolla el concepto de oclusión dentaria. Este autor también ideó y desarrolló aparatos de ortodoncia mecánicos, marcando un hito en la historia de la especialidad en la importancia a la estética facial, razón por la cual se le conoce como el padre de la ortodoncia.

El método propuesto por Bolton [3] se convirtió en uno de los más difundidos y aceptados por tratarse de un análisis de fácil realización y aplicación. Por su parte Moyers en 1992 construyó unas tablas de predicción para el caso de dientes (los caninos y premolares) no erupcionados en base a la estadística de los tamaños de los incisivos permanentes erupcionados.

El estudio de las discrepancias dentarias es un procedimiento frecuente en casi todos los diagnósticos de ortodoncia, pero hay pocas herramientas que automaticen o simulen este estudio. Las herramientas computacionales que existen actualmente para el estudio de las discrepancias dentarias están centradas únicamente en los métodos tradicionales utilizados por los odontólogos.

En este trabajo, utilizaremos herramientas de la computación científica o numérica, para hallar con precisión las medidas de utilidad al ortodoncista. Al mismo tiempo se desarrolla una interfaz de usuario que satisface ciertos requerimientos y que dará apoyo al ortodoncista en el análisis posterior a las mediciones.



Figura 2.1: Angle, E.H.

Nomenclatura de los dientes

Los análisis de discrepancia se realizan en las denticiones permanentes o en las denticiones mixtas ¹.

La dentición permanente tiene un total de 32 dientes, los cuales se dividen en cuatro incisivos, dos caninos, cuatro premolares y seis molares tanto en la parte maxilar y mandibular. Los incisivos se encuentran en la parte delantera de la boca. A ambos lados de los incisivos se encuentran los caninos, y al lado de los caninos están los premolares. Los molares están ubicados en la parte más profunda de la boca (ver figura 2.2).

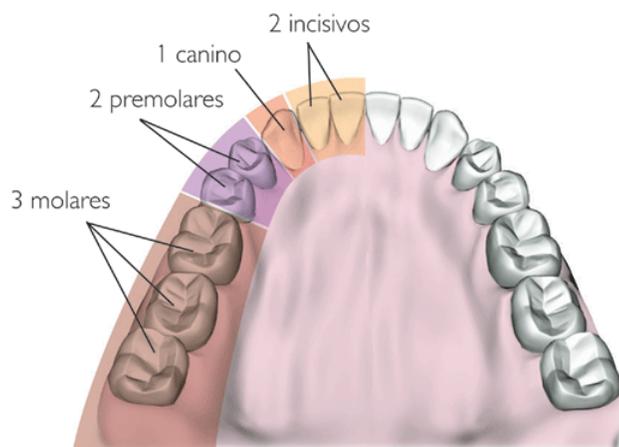


Figura 2.2: División de la dentadura por sectores.

Tomado de <http://www.kalipedia.com/ciencias-vida/tema/dientes.html>

¹Es un periodo de transición que abarca desde los 6 años (primer diente permanente) hasta el recambio de todos los dientes temporal y erupción de la definitiva

Asociado al estudio de la discrepancia se pueden encontrar los siguientes términos relacionados a la estructura del diente (ver figura 2.3):

- Vestibular: Cara del diente que da hacia fuera, hacia el vestíbulo.
- Mesial: Dirección o cara del diente que apunta a la línea media, o a una línea imaginaria que divide al ser humano por la mitad en partes simétricas.
- Distal: Cara del diente que se aleja de la línea media.
- Oclusal: Corresponde a la superficie de corte de premolares y molares. Es la superficie masticatoria del diente.

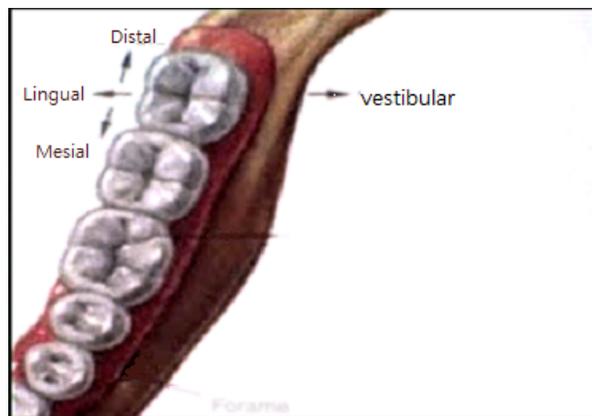


Figura 2.3: Las caras de los dientes.

Tomado de

<http://digestivouq.blogspot.com/2010/04/dientes-por-jose-danilo-jojoa-rios.html>

2.2. Objetivos

Los objetivos que planteamos en este trabajo son los que se enuncian a continuación:

2.2.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación que permita determinar y analizar la longitud del arco dental en la medición de la discrepancia dentaria, según los requerimientos necesarios para el diagnóstico, con una interfaz fácil de utilizar que permita al ortodoncista obtener mediciones confiables y determinar los parámetros de interés para el diagnóstico y posterior tratamiento.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Obtener la información utilizada en el diagnóstico sobre la discrepancia dentaria. Esto incluye revisión de bibliografía y entrevistas con el usuario (ortodoncistas).
- Diseñar la interfaz gráfica que le permite al usuario experto introducir la imagen digital del modelo de estudio y también editar y modificar los puntos de referencia.
- Programar los métodos numéricos que soportan los cálculos de la aplicación. Esto incluye resolvedores de ecuaciones lineales y métodos de interpolación.
- Integrar al programa los análisis más usados en la práctica de la ortodoncia sobre la discrepancia dentaria, a fin de que el usuario pueda seleccionar aquel que le resulte más conveniente.
- Generar un reporte sobre el diagnóstico de la discrepancia dentaria.

2.3. Justificación

La finalidad de esta aplicación es principalmente automatizar el análisis del modelo de yeso, digitalizando las mediciones que actualmente se realizan en forma manual, lo cual requiere amplia experticia por parte del odontólogo. Hasta el momento no se conoce alguna aplicación de este tipo que realice las mediciones del diagnóstico de la discrepancia dentaria.

Las soluciones computacionales que se conocen para el cálculo de la discrepancia dentaria se basan en el procedimiento tradicional de usar el índice de Bolton[3]², y solo puede aplicarse sobre un modelo de todos los dientes permanentes ya erupcionado.

Se desarrolla en este trabajo especial de grado una aplicación que permite al ortodoncista obtener fácilmente los valores de un intervalo de trayectoria (longitud, inclinación, etc.) en forma rápida y precisa.

Como valor agregado esta aplicación disminuye el tiempo del diagnóstico, pues se puede visualizar el resultado rápidamente (en segundos) y utilizar diferentes mediciones según la modalidad de trabajo del ortodoncista. A la vez, ayudará a tomar la mejor decisión para el tratamiento ortodóncico.

En resumen, la aplicación será una herramienta de ayuda para el diagnóstico y propuesta de tratamiento. De igual manera, libera al ortodoncista de la monótona y reiterada medición del tamaño de los dientes y la dificultad de calcular la longitud de arco dental.

²Wayne A. Bolton introdujo en el año 1958 el índice de Bolton, es un índice que sirve para calcular el tamaño de los dientes de una arcada con respecto a su antagonista.

2.4. Aplicaciones existentes

Tal como se señaló anteriormente, las aplicaciones existentes no contemplan la completa automatización del proceso de medición dentaria, junto con la información de los pronósticos más utilizados, y en su mayoría se restringen a los casos con la dentición permanente erupcionada. A continuación mencionamos las aplicaciones más cercanas a la propuesta en este trabajo:

Bolton Calculator 3.2 es un software libre publicado por Dr. Rodrigo Boos (ver figura 2.4). Permite calcular las proporciones de tamaño del diente e indica discrepancias dentarias usando diferentes colores. Este software requiere que el usuario introduzca previamente medidas individuales de los dientes. Como lo indica su nombre, calcula el índice de Bolton y sólo puede usarse en los casos de dentición permanente y no en la dentición mixta, lo que representa una limitación ya que no puede aplicarse a niños en proceso de dentadura permanente.

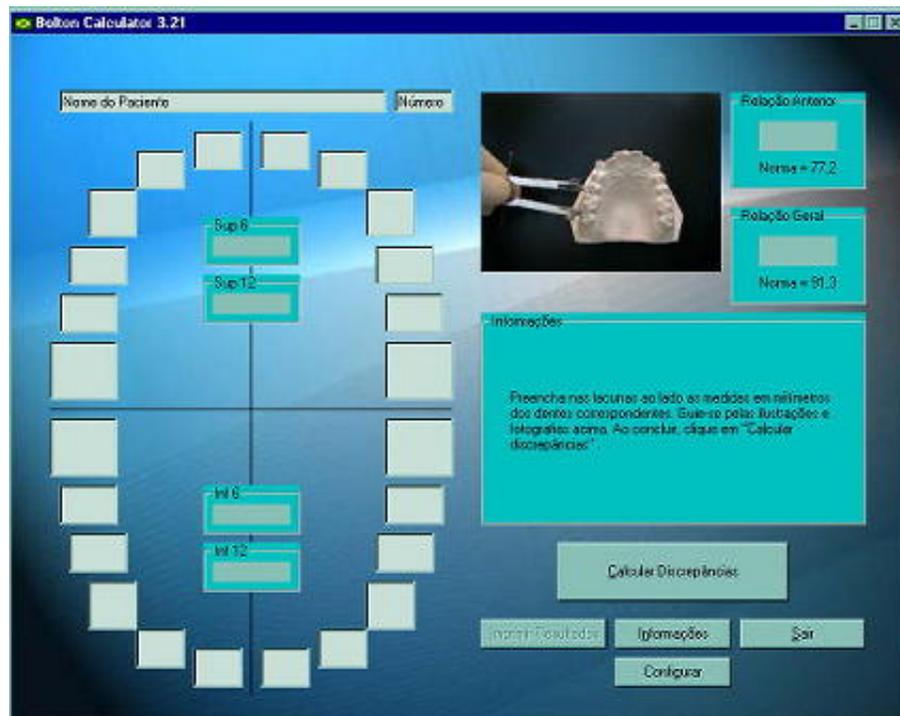


Figura 2.4: Interfaz de Bolton Calculator 2002 Versión 3.21

Tomado de <http://ortodontia.net/bolton>

Adicionalmente, existe una aplicación o programa computacional para calcular la discrepancia dentaria de Bolton, desarrollado por De Lucca y colaboradores [4]. Su interfaz cuenta con 13 campos de datos, después de ser llenado, los campos del programa (ver figura 2.5) con los datos de identificación del paciente y las mediciones de los dientes, permite calcular la diferencia de tamaño denominada Dental Bolton, el modelo

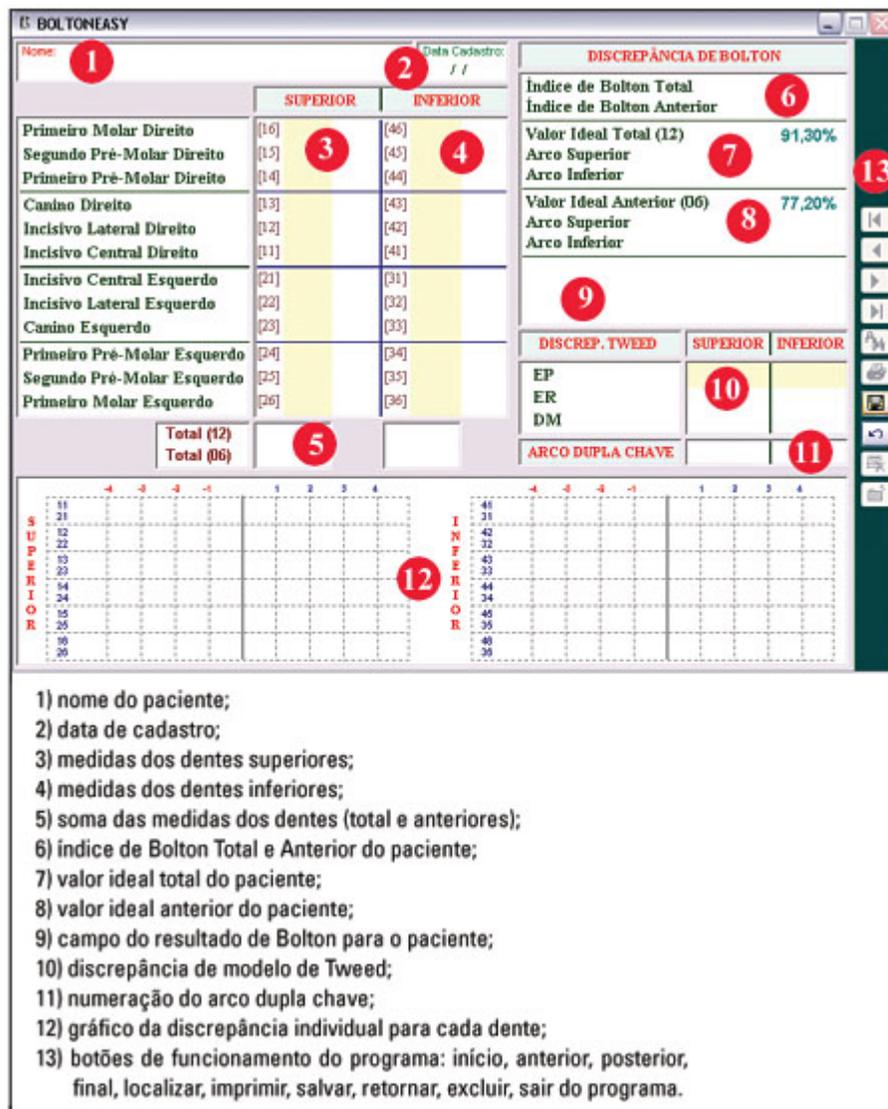


Figura 2.5: Interfaz The Bolton's Tooth Size Discrepancy
Tomado de <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-54192006000200008>

de discrepancia Tweed, numeración de doble arco que se desea utilizar en el paciente en caso de retracción anterior y discrepancia dental para cada elemento. Igual que el anterior, requiere que el usuario introduzca las medidas de los dientes. Tiene la misma limitación del software anterior, las mediciones solo puede ser realizado en la dentición permanente y no en la dentición mixta.

Otro software, **Método Digital ORTODIG** desarrollado por Vanessa Paredes [8] brinda al usuario la posibilidad de ver la medición de los tamaños dentarios sobre la imagen digitalizada y comprueba su reproducción para todas las mediciones dentarias digital: índice de Bolton anterior y total, tamaños dentarios, longitudes de arcada (es-

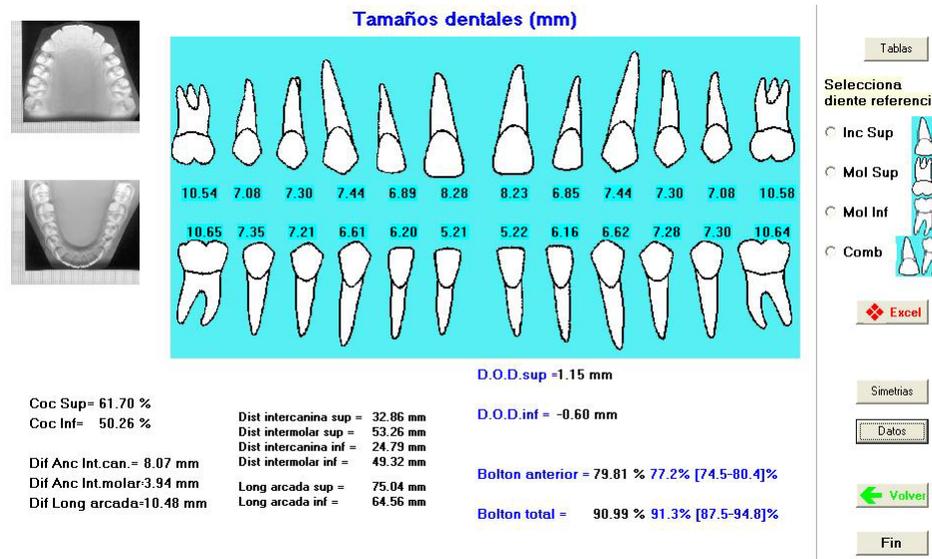


Figura 2.6: Interfaz ejemplo de aplicación desarrollada por Paredes.
Tomado del el tesis de Paredes Gallardo, Vanessa [8].

pacio disponible) y otros (ver figura 2.6). Este programa solo ofrece el análisis sobre un modelo con todos los dientes erupcionados, y por lo tanto no se aplican las mediciones para la dentición mixta.

Aplicaciones comerciales

Debido al avance de la tecnología, se dispone en el mercado algunos servicios para el diagnóstico de ortodoncia. Todos estos servicios requieren que se envíen los datos requeridos como: modelos de estudio y radiografía del paciente, entre otros.³ El ortodoncista solo puede esperar el resultado que será entregado por el proveedor del servicio es decir, no tiene acceso a los datos, no interviene en el procesamiento de los mismos, y no puede escoger los análisis de su preferencia. Estos servicios requieren un pago por cada diagnóstico.

Otra alternativa, es que el servicio esté asociado a una Clínica dental (Figura 2.8), lo cual se traduce en más limitaciones, ya que el ortodoncista debe contratar personalmente el servicio.

³Ejemplo: <http://www.intramed.net/contenidoover.asp?contenidoID=56601>

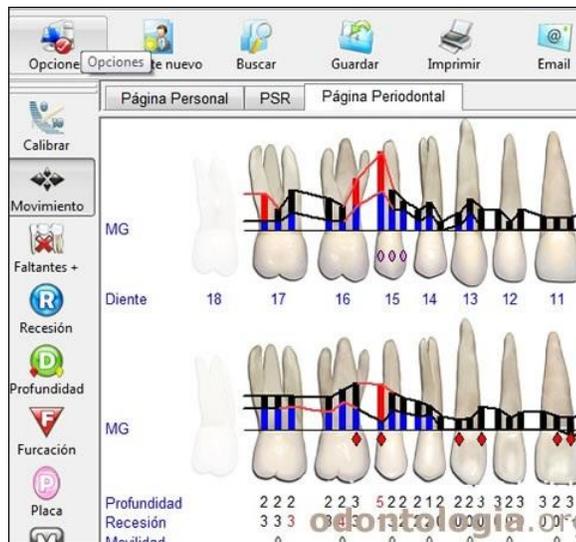


Figura 2.7: Interfaz de aplicación desarrollada por la Clínica odontológica del Rey.
 Tomado de <http://odontologia.org/sondajeperiodontal.htm>

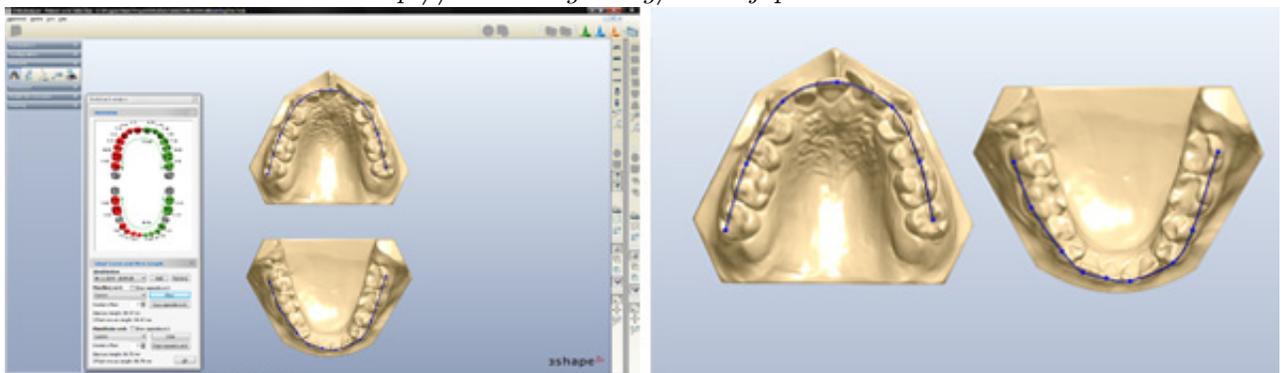


Figura 2.8: Interfaz de la aplicación Ortho Studio.
 Tomado de <http://www.ortoplus.es/detalles-ortho3d.php>

2.5. Delimitación

Esta aplicación está planteada en dos dimensiones a pesar de utilizar una imagen de un modelo de yeso de los dientes (3 dimensiones), debido principalmente a que se utiliza un escanner 2D y por lo tanto se trabaja con una proyección en el plano. De esta manera, aunque la aplicación brinda un informe sobre el diagnóstico de las discrepancias dentarias, el usuario debe complementar con otros diagnósticos para fijar tratamiento de ortodoncia.

Igualmente, la aplicación está dirigida a un usuario experto que define los puntos referenciales de los dientes en la imagen a fin de realizar los cálculos requeridos. Se espera en el futuro que con las técnicas de análisis de imágenes en 3D y los avances de

la ortodoncia se logre automatizar todo el proceso.

Capítulo 3

Método para obtener la discrepancia dentaria

En este capítulo se describe el procedimiento tradicional para hacer las mediciones del arco y de las discrepancias dentarias. Se establece claramente cómo se llega al diagnóstico y al posible tratamiento ortodóncico. Este proceso es precisamente el que se desea automatizar con la aplicación propuesta en este trabajo.

A partir del modelo de yeso (ver figura 3.1), obtenido de la dentadura del paciente, y después de tomar algunas medidas sobre este modelo o sobre su imagen o proyección en el plano, se calcula la discrepancia, que puede ser positiva, negativa o cero. El siguiente esquema detalla el procedimiento actual.

1. Medir el espacio disponible y el espacio requerido.
2. Comparar entre el espacio disponible y el espacio requerido, y luego definir la discrepancia existente.
3. Calcular otras medidas de interés como el índice de Bolton, la anchuras bicaninas y anchuras bimolares.

Para realizar estas mediciones se requieren los siguientes materiales (ver figura 3.2):

- Calibre pequeño de puntas afiladas; compás de puntas o bigotera. Se usa para colocar las puntas en el espacio donde queremos medir.
- Lápiz negro afilado. Se usa para escribir las mediciones.
- Goma de borra. Se usa para borrar las mediciones incorrectas.
- Regla transparente milimétrica. Se usa para medir la anchura entre las puntas de la compás.



Figura 3.1: Modelo de estudio

- Alambre de latón. Se usa para medir la longitud del arco.



Figura 3.2: Materiales requeridos para la medición

3.1. Medición del espacio disponible

Es el espacio del hueso basal que nos permite ubicar los 10 dientes y que va desde la cara mesial del primer molar permanente que sigue el arco, hasta la cara mesial del primer molar permanente del otro lado [12].

Una de las formas de determinar el espacio es medir por sectores (ver figura 3.3). La medición de los sectores A y D se hace en dos tiempos, se miden en forma independiente el lado derecho y el izquierdo, es decir, desde distal del lateral hasta mesial del primer molar permanente, y este será el espacio disponible para alojar el canino y los premolares de ese lado. Se repite el mismo procedimiento del lado contrario.

Luego, la misma medición es realizada para los sectores B y C; es decir, se mide desde el distal del lateral hasta el punto de contacto entre los incisivos centrales en el caso de que estén juntos, o hasta la cara mesial de uno de ellos si están separados.

Luego de obtener los resultados anteriores, la suma de las cuatro secciones resultara un total que corresponde al espacio disponible.

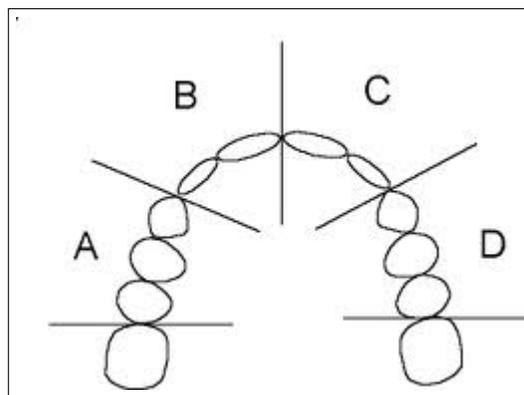


Figura 3.3: Sectores del espacio disponible.

Tomado de <http://dentinator.tripod.com/estudiodelosmodelos.htm>

Otra manera de medir el espacio disponible es con un alambre de latón que debe contornear el arco, desde el mesial del primer molar de un lado hasta el mesial del primer molar del lado opuesto. Se recomienda contornearlo sobre la línea de oclusión que pasa por la fosa central en el arco superior y la línea de las cúspides vestibulares en el inferior. Posteriormente, se rectifica el alambre sobre una regla milimetrada y se mide el valor reflejado (ver figura 3.4). Una descripción más detallada de este procedimiento puede encontrarse en [15].

En la práctica diaria se ha constatado que este procedimiento es muy inexacto, ya que después de que el alambre se ha contorneado sobre el arco, el rectificarlo para su medición es bastante difícil y no siempre confiable[10], por lo que se plantea utilizar el computador para la medición.

3.2. Medición del espacio requerido

Es el espacio necesario para alojar los incisivos, caninos y premolares. En este caso la sumatoria del mayor diámetro mesio-distal de los dientes es lo que se denomina **Espacio**

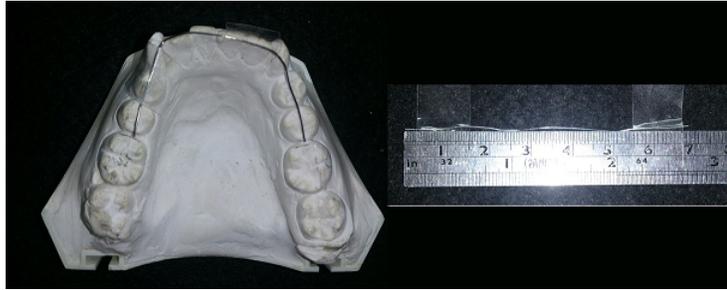


Figura 3.4: Determinación del espacio disponible con alambre de latón.

Requerido. Existen dos casos particulares que podemos encontrar que son:

1. Todos los dientes permanentes han erupcionado.
2. Solamente han erupcionado los incisivos.

En el primer caso, el tamaño de los dientes se pronostica sumando la dimensión mesial-distal de todos ellos. Si un diente aparece en mala posición, se mide siempre la distancia entre los puntos de contacto mesial y distal o, lo que es lo mismo, la recta que uniría los dos puntos más salientes de su cara mesial y distal (ver figura 3.5).



Figura 3.5: Calibrador dental para medición de diámetro mesio-distal de los dientes.

En el segundo caso, cuando solo han erupcionado los incisivos se pueden hacer un análisis partiendo de la radiografía del paciente o usar métodos estadísticos para aproximar esta medida. A continuación se mencionan algunas técnicas estadísticas de utilidad.

3.2.1. Análisis de Moyers

Cuando se desea aproximar el espacio requerido, se pueden usar las llamadas tablas de Moyers, descritas en 1958 [11] por R. Moyers, quien las construye basándose en la suma de los distancias mesio-distales entre el canino y el segundo premolar (ver figura 3.6).

Para usar las tablas, basta con medir los cuatro incisivos inferiores y sumar estas mediciones. El valor obtenido se busca entonces en las tablas maxilares y mandibulares, específicamente en la línea superior de la tabla a fin de fijar la columna de interés. En la columna de la izquierda aparecen los niveles de confianza, en términos de porcentajes. Una vez seleccionado el porcentaje según la precisión que se desee, encontramos la intersección de esa fila con la columna de interés y la entrada de la tabla nos dará la suma empírica de los tamaños del canino y los premolares de cada lado. Este procedimiento se explica detalladamente en [13].

PREMOLARES Y CANINOS MAXILARES																				
$\Sigma \frac{2-1}{1-2}$	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0
95%	21.6	21.8	22.1	22.4	22.7	22.9	23.2	23.5	23.8	24.0	24.0	24.6	24.9	25.1	25.4	25.7	26.0	26.2	26.5	26.7
85%	21.0	21.3	21.5	21.8	22.1	22.4	22.6	22.9	23.2	23.5	23.7	24.0	24.3	24.6	24.8	25.1	25.4	25.7	25.9	26.2
75%	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.0	22.3	22.6	22.9	23.1	23.4	23.7	24.0	24.2	24.5	24.8	25.0	25.3	25.6	25.9
65%	20.4	20.6	21.2	21.2	21.5	21.8	22.0	22.3	22.6	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.2	24.5	24.8	25.1	25.3	25.6
50%	20.0	20.3	20.9	20.8	21.1	21.4	21.7	21.9	22.2	22.5	22.8	23.0	23.2	23.6	23.9	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3
35%	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.0	21.3	21.6	21.9	22.1	22.4	22.7	23.0	23.2	23.5	23.8	24.1	24.3	24.6	24.9
25%	19.4	19.7	19.9	20.2	20.5	20.8	21.3	21.3	21.6	21.9	22.1	22.4	22.7	23.0	23.2	23.5	23.8	24.1	24.3	24.6
15%	19.0	19.6	19.6	20.8	20.9	20.2	20.7	21.0	21.3	21.5	21.0	22.1	22.4	22.6	22.9	23.2	23.4	23.7	24.0	24.3
5%	18.5	19.0	19.0	19.6	19.6	19.6	20.1	20.1	20.7	21.0	21.2	21.5	21.5	22.1	22.3	22.6	22.9	23.2	23.4	23.7

PREMOLARES Y CANINOS MANDIBULARES																				
$\Sigma \frac{2-1}{1-2}$	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0
95%	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.8	26.1	26.4	26.7
85%	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1
75%	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.8	25.1	25.4	25.7
65%	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.8	25.1	25.4
50%	19.4	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.7	25.0
35%	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.0	24.3	24.6
25%	18.7	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.6
15%	18.4	18.7	19.0	19.3	19.6	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0
5%	17.7	18.0	18.3	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4

Figura 3.6: Predicción estadística de la Tabla de Moyers
Tomado del libro [10]

3.2.2. Análisis de Tanaka - Johnston

Es un método más sencillo de aplicar, ya que no requiere del uso de la radiografía ni de tablas de predicción y es bastante exitoso. Se basa en el uso de la sumatoria de las anchuras mesio-distales de los incisivos inferiores para el cálculo. La fórmula usada para el cálculo del espacio requerido será:

$$X = 2\left(\frac{Y}{2} + S\right) \quad \text{o} \quad 2\left(\frac{Y}{2} + I\right)$$

X = anchura de los caninos y premolares que no han erupcionado.

Y = anchura de los cuatro incisivos inferiores.

S = constantes para el arco superior = 11,0 mm

I = constantes para el arco inferior = 10,5 mm

Ejemplo: si la anchura de los cuatro incisivos inferiores es de 22 mm., aplicando la fórmula anterior obtendremos,

$$X = 2\left(\frac{22}{2} + S\right)$$

S= 11,0 mm

X=(11,5+11,0) x 2 =45,0 mm

Obtiene X+Y=23 mm+45 mm=68 mm

El espacio requerido es: 68 mm

3.3. Discrepancia dentaria

Finalmente, una vez calculadas las diferencias entre el espacio disponible y el espacio requerido se pueden dar los siguientes casos:

1. La discrepancia dentaria es negativa, significa que nos faltará sitio para colocar todos los dientes en su lugar.
2. La discrepancia dentaria es igual a 0, tenemos el sitio justo para colocar las piezas dentarias.
3. La discrepancia dentaria es positiva, nos sobraré sitio para colocar todas las piezas.

3.4. Índice de Bolton

Wayne A. Bolton desarrolló el análisis estadístico conocido como el índice Bolton en el año 1958 y lo ajustó posteriormente en 1962. Es un índice que sirve para conocer las proporciones dentarias correctas entre dientes superiores e inferiores y decidir la extracción en un tratamiento ortodóncico.

Se lleva a cabo midiendo la anchura mesio-distal de cada uno de los dientes permanentes, y calculando los siguientes parámetros:

- **Índice de Bolton Anterior** porcentaje obtenido al sumar el tamaño mesio-distal de los 6 dientes anteriores inferiores (de canino a canino) dividido entre el tamaño superior.

- **Índice de Bolton Total** porcentaje obtenido al dividir la suma de los 12 dientes anteriores inferiores (de primer molar a primer molar) entre el tamaño superior. Este procedimiento es ampliamente utilizado en [8].

3.5. Otras mediciones

Ademas de las mediciones anteriores hay otras mediciones interesadas a los ortodontistas. En este capitulo se enuncia dos de las mediciones que son medidas directas.

3.5.1. Anchuras Bicaninas

La anchura bicanina es la distancia lineal entre las cimas de las cúspides de los caninos contra los laterales tanto en el mandibular como en maxilar. En los casos que los caninos presentan facetas de desgaste sobre dichas cúspides, se toma un punto de referencia en el centro de las superficies de desgaste. El eje del calibrador se mantiene paralelo a las caras incisales, de manera que la toma de estas medidas pueda ser reproducible.

3.5.2. Anchuras Bimolares

La anchura bimolar es la distancia lineal entre los puntos más salientes y alejados de los primeros molares permanentes, medidos en sus caras vestibulares. Como en el caso anterior, el eje del calibrador se mantiene paralelo, esta vez a las caras oclusales, de manera que la toma de estas medidas pueda ser reproducible.

Capítulo 4

Desarrollo del software

Con la finalidad de cumplir a los objetivos planteados en el Capítulo 2, se sigue una metodología y una arquitectura que permita un desarrollo eficiente y exitoso de la aplicación. En este capítulo se detalla la metodología y la arquitectura basando en el desarrollo de la aplicación SACDD (Sistema Automatizado para el Cálculo de la Discrepancia Dentaria) y las características de herramienta.

4.1. Características del software

- Validez.
Servir para medir lo que se pretende medir y adaptarse a las características del problema del estudio.
- Claridad.
Ser entendible y legible para facilitar su desarrollo y posterior mantenimiento.
- Portabilidad.
Capacidad de ejecutarse en diferentes plataformas.
- Fiabilidad.
Los resultados deben ser reproducibles en condiciones distintas del estudio y por distintas mediciones.

4.2. Estructura de la aplicación

Se propone en este trabajo desarrollar una aplicación siguiendo la arquitectura MVC (*Modelo-vista-controlador*), la cual divide las responsabilidades del sistema en tres partes:

1. Modelo: Mantiene los datos y la lógica del programa.
2. Vista: Proporciona una presentación visual del modelo.
3. Controlador: Recibe la acción solicitada por el usuario y gestiona un evento al modelo y a la vista, posiblemente actualiza modificaciones de forma adecuada a la acción solicitada (ver figura 4.1 y figura 4.2).

Mediante el uso del controlador, el usuario modifica los datos en el modelo MVC, y después se informa a la vista acerca de la modificación de los datos. La vista cambia su presentación visual para reflejar los cambios en el modelo [7].

Según la arquitectura MVC, el modelo maneja los datos (*modelo discrepancia*) y es el módulo donde residen todos los algoritmos para realizar las mediciones (*cálculo*). El controlador se divide en dos partes: El *Mouse handler* donde residen todas las operaciones para responder las acciones que toma el usuario con el ratón, y el *Action handler*, que básicamente contiene las acciones asociadas a los botones o presentadas en el menú de la interfaz (Ejemplo: leer un archivo).

El usuario manipula la aplicación a través de las vistas. Una vista es una ventana que está compuesta por: el *menú*, las *imágenes*, los *botones*, la *información*, y otros elementos que conforman la interfaz.

Una vez que el usuario realiza una acción sobre los elementos en la interfaz, los elementos activan sus controladores asociados. En caso que requieran algunos datos o realicen algunos cálculos, el control activa el modelo donde manejan los datos o algoritmos. Luego dependiendo de las acciones realizadas, actualizan la vista (Como la figura 4.3).

4.3. Metodología de desarrollo

Con la finalidad de cumplir a los objetivos planteados, en el proceso de desarrollo de la aplicación, se sigue el modelo de proceso espiral, propuesto inicialmente por Boehm [2], el cual proporciona el potencial para el desarrollo rápido de versiones incrementares del software.

Las actividades observadas en la figura 4.4 se consideran son las etapas necesarios para elaborar esta aplicación, que puede ser aplicado en cualquier otro modelo del proceso.

En cada iteración se ejecuta las tareas de cada etapa durante el proceso de desarrollo del software, las cuales son:

1. Comunicación: discutir con los ortodoncistas para plantear necesidades o revisar especificaciones que debe satisfacer en la aplicación.

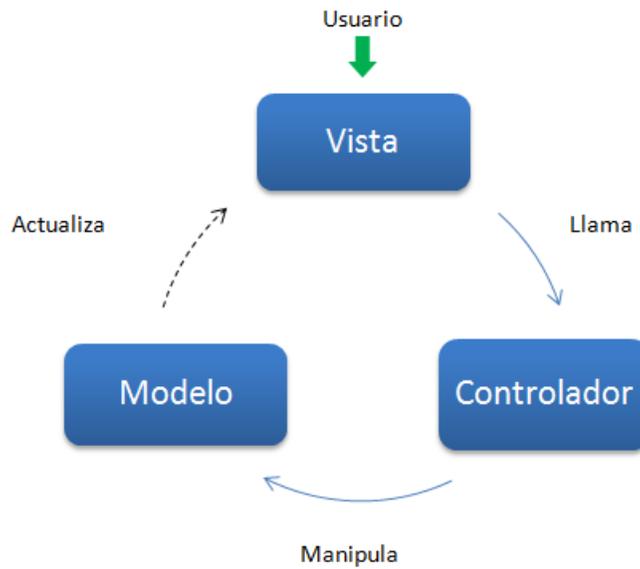


Figura 4.1: Modelo-Vista-Controlador

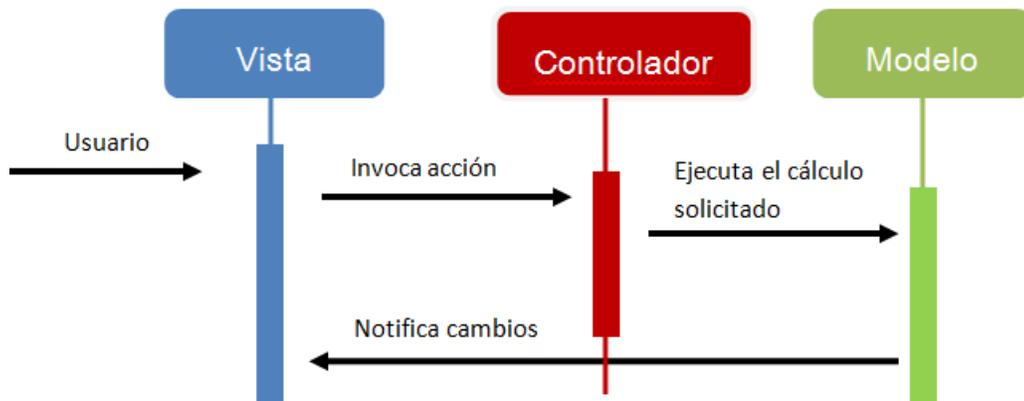


Figura 4.2: Diagrama secuencial del MVC

2. Planificación: definir recursos, tiempos e información relacionada con el software.
3. Análisis: evaluar riesgos técnicos (overflow, los eventos vacios, etc) y de gestión.
4. Diseño: construir uno o más prototipos en cada iteración.
5. Prueba: comparar el resultado de los prototipos creadas durante la etapa con respecto al caso real originado del ortodoncista.

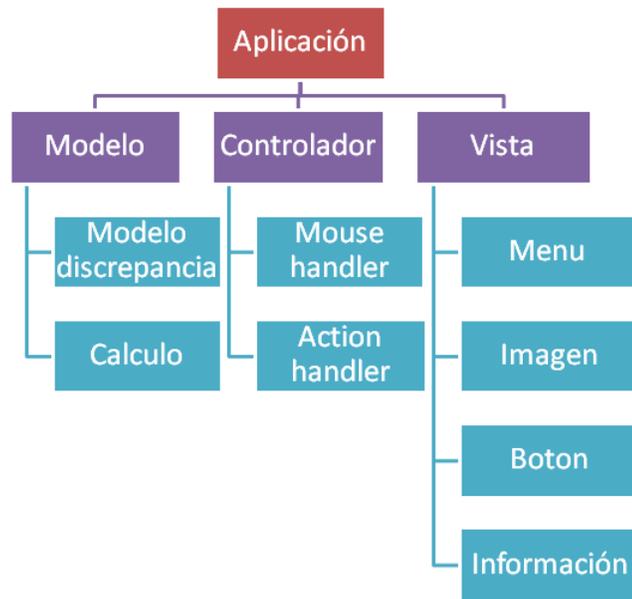


Figura 4.3: Estructura de la aplicación.



Figura 4.4: Modelo espiral iterativo.

Dentro de las tareas realizadas durante el proceso de desarrollo de software, se proponen los requerimientos para garantizar que el usuario pueda:

- Cargar y almacenar la imagen digitalizada de yeso antes y después del análisis.
- Manejar la imagen como editar puntos necesarios para los métodos realizado.

- Seleccionar entre las mediciones de discrepancia dentaria, índice de Bolton, anchuras bicaninas y bimolares.
- Obtener y almacenar los resultados de las mediciones realizadas.

Se evalúan varias opciones de lenguajes de programación y finalmente decide a usar el lenguaje de programación Java 7 por sus características. Java 7 hace que la aplicación sea multiplataforma. Además, proveen diferentes bibliotecas como SWT, Math, etc. y algunos paquetes útiles (Swing, imageio, Element del org.w3c.dom) hacen que el desarrollo sea relativamente sencillo.

Capítulo 5

Automatización de los procesos

En este capítulo se especifica en forma detallada la forma de automatizar los procesos de obtención de la discrepancia dentaria. El objetivo final es utilizar técnicas computacionales apropiadas para hacer las mediciones sobre una imagen digitalizada del modelo en yeso, que se toma de la dentadura del paciente. Estas mediciones sirven de entrada al módulo de cálculo de la discrepancia dentaria.

5.1. Digitalización de los modelos

En el proceso automatizado todas las medidas son tomadas sobre la imagen digitalizada del modelo de yeso en estudio. Esta digitalización se realiza con un escáner convencional, o con una cámara digital, que permite obtener de forma rápida las imágenes.

Considerando que la resolución con la que se capta cada imagen puede variar, es recomendable usar una resolución entre 144 dpi y 200 dpi, para obtenerla con una aproximación de 700 por 600 píxeles en formato jpg or gif, lo cual nos permitirá realizar mediciones en forma cómoda y precisa.

Con el fin de colocar el modelo de yeso en el escáner o en la cámara digital y para facilitar su posterior medición, se ubica el modelo sobre un papel milimetrado o se coloca una regla milimétrica al lado del modelo.

Cuando la imagen se obtiene de un escáner, el modelo se sitúa de manera que todas las caras oclusales de todos los dientes toquen la pantalla del escáner, situando la parte posterior del zócalo del modelo perpendicular a la superficie de la pantalla y apoyada sobre una superficie recta colocada por el usuario, tal como se puede apreciar en la fotografía de la figura 5.1

En caso de usar la cámara digital, se tiene que captar el plano perpendicular a la

Una vez diseñados los algoritmos, integrarlos a las funciones de control.

En la figura 5.2 vemos el modelo de un caso real de estudio, digitalizado y cargado a través de la interfaz. La imagen se carga en el **campo de imagen**, localizado en la parte izquierda. A la derecha de la imagen está el **campo de informaciones**, en la parte izquierda quedará el historial de las mediciones realizadas. El **campo de acciones** contiene los botones para diferentes funciones de control, y está localizado en la parte derecha de la ventana (ver figura 5.4).

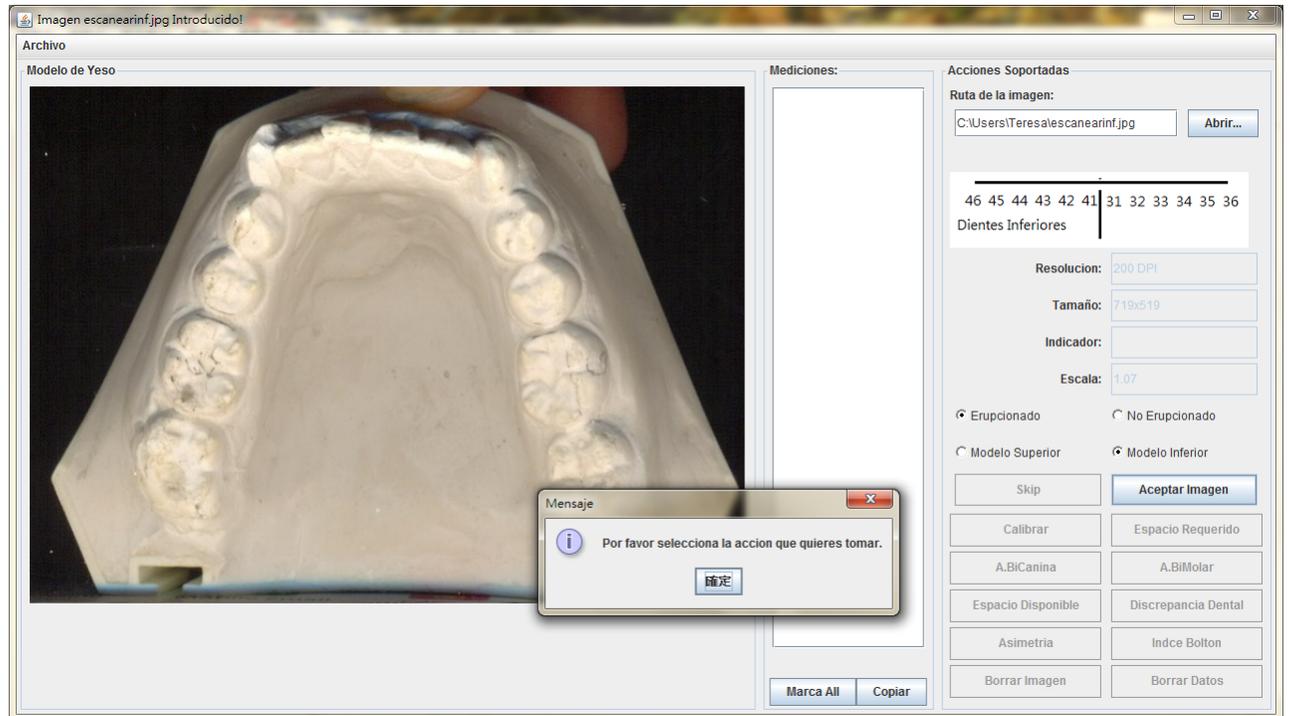


Figura 5.2: Modelo digitalizado y cargado en el Software.

En la zona derecha de la interfaz se llama acciones soportadas, donde está el botón 'abrir...' que permite seleccionar el archivo que contiene la imagen del modelo de yeso a estudiar (ver figura 5.3). Debajo del botón abrir se encuentra un campo desactivado, el cual se activará cuando el usuario indica si el tipo de modelo es inferior o superior. Después están los campos de texto no editables, que muestran la resolución y el tamaño de la imagen, la coordenadas (x, y) que indican la posición del ratón sobre la imagen y la escala actual.

En la parte intermedia de la zona se encuentran las opciones para fijar el tipo de modelo que se estudia (inferior/superior) y si los dientes han erupcionado o no; estas opciones limitarán al usuario las diferentes funciones de control según el tipo de modelo que se estudia. Por último están los botones que enlaza a las funciones de control.

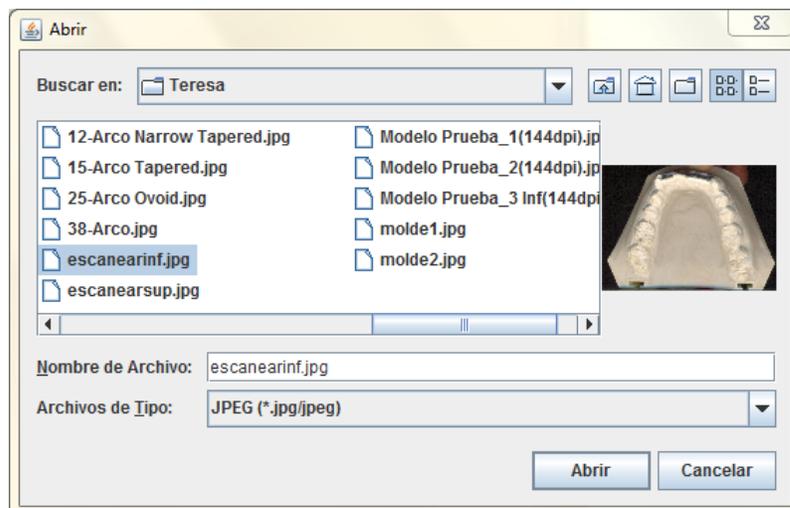


Figura 5.3: Ventana para abrir el archivo que contiene de la imagen.

5.3. Espacio Disponible

El computador puede ser usado para realizar cálculos matemáticos extremadamente complejos o repetitivos para la solución de los problemas planteados. En nuestro caso, lo usaremos para hallar el espacio disponible que es la longitud del arco dentario.

En el método tradicional se usa un alambre de latón para la medición de un arco, o se hace la medición por sectores. En este trabajo se utiliza un método de interpolación para construir una función que ajuste el arco partiendo de un conjunto discreto de puntos (ver figura 5.5).

Por la naturaleza del plano oclusivo, éste se presenta como una curva, lo cual nos permite describirlo o aproximarlos mediante un polinomio; en este caso, hablamos de resolver un problema de ajuste polinomial; es decir hallar el polinomio de más alto grado que pase por un conjunto de puntos conocidos [9]. Considerando $(x_k, y_k), \forall k = 1 \dots n$ los puntos de interpolación, la función f debe satisfacer:

$$f(x_k) = y_k, \forall k = 1, \dots, n$$

Si además, deseamos que f sea un polinomio (de grado menor o igual a n) debemos considerar:

$$f(x_k) = a_0 + a_1x_k + a_2x_k^2 + \dots + a_nx_k^n, \forall k = 1, \dots, n$$

En la interpolación lineal se utilizan dos puntos, (x_a, y_a) y (x_b, y_b) , para obtener la ecuación de la recta de los puntos (x,y) usando la siguiente fórmula:

$$y = y_a + (x - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

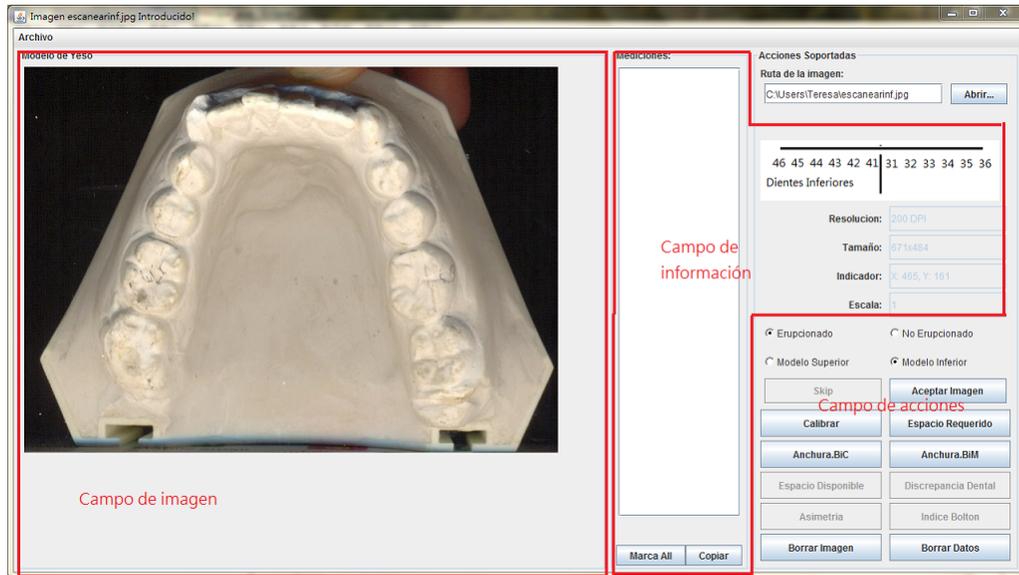


Figura 5.4: Los campos de la interfaz de usuario



Figura 5.5: Curva de interpolación, ajuste polinomial.

En general, para n puntos se plantea el sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 a_0 + a_1x_1 + a_2x_1^2 + \dots + a_{n-1}x_1^{n-1} &= f(x_1) \\
 a_0 + a_1x_2 + a_2x_2^2 + \dots + a_{n-1}x_2^{n-1} &= f(x_2) \\
 &\vdots \\
 a_0 + a_1x_n + a_2x_n^2 + \dots + a_{n-1}x_n^{n-1} &= f(x_n)
 \end{aligned}$$

Donde a_0, a_1, \dots, a_{n-1} son las incógnitas o los coeficientes del polinomio. Normalmente se describe el sistema con notación matricial:

$$\begin{pmatrix}
 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^{n-1} \\
 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^{n-1} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\
 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^{n-1}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 a_0 \\
 a_1 \\
 \vdots \\
 a_{n-1}
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 y_1 \\
 y_2 \\
 \vdots \\
 y_n
 \end{pmatrix}$$

Finalmente, el problema se reduce a solucionar un sistema de ecuaciones lineales de la forma:

$$Ax = y$$

Donde x es el vector que contiene las n incógnitas que debemos hallar $[a_0, a_1, \dots, a_{n-1}]$.

Sin embargo, se presenta el inconveniente de que cuando se tienen muchos puntos, el sistema a resolver es muy grande, lo cual requiere una gran cantidad de cálculos, así como la acumulación de los errores y un posible mal condicionamiento de la matriz del sistema.

Existen otros métodos para encontrar el polinomio de interpolación entre ellos:

- Método de Lagrange
- Método de Newton

Se utiliza el método de Newton en esta aplicación debido a que tiene la misma ventaja de método de Lagrange, y además, si se calcula el polinomio a unos puntos dados y después se añaden más puntos al sistema, el método de Newton puede reutilizar los cálculos ya hechos para hallar el nuevo polinomio.

El software propuesto utiliza aquellos puntos productos de las mediciones de espacio requerida. Los tamaños de los dientes se mostraran mediante los puntos unidos con una línea de color azul, desde el mesio del primer molar, pasando por los puntos medios de los mesio-distales de los diez dientes (de premolar a premolar opuesto), hasta el mesio del primer molar opuesto, tal como se aprecia en la figura 5.6 y la figura 5.7.

La aplicación le permite al usuario modificar los puntos referenciados hasta que se forme el arco ideal. Estos puntos referenciados, son las entradas para calcular el polinomio. Además la aplicación traza la línea de arco en color rosado con aquellos puntos $(x_k, y_k), \forall k = 1 \dots n$, donde $x_k = x_{k-1} + intervalo$, y x_1 = valor mínimo en el eje x de los puntos referenciados que cursan el polinomio calculado.

$$intervalo = \frac{rango}{incremento}$$

rango= valor máximo en eje x de los puntos referenciados – valor mínimo en el eje x de los puntos referenciados.

incremento = ancho de la imagen entre rango.

donde el ancho de la imagen es predefinida por el campo de imagen.

Ejemplo, si el primer punto referenciado (de izquierda a la derecha) está ubicado en la coordenada(170,220) y el ultimo punto en(490,230), entonces:

$$rango = (490 - 170) = 320$$

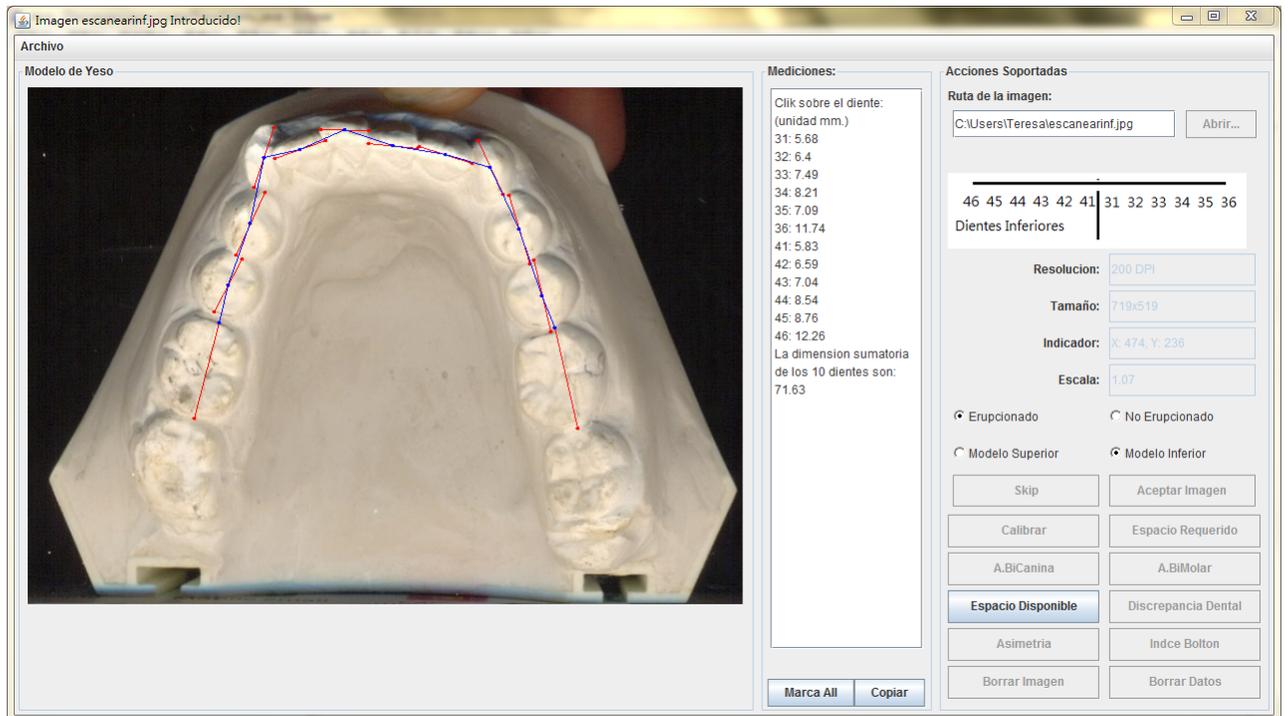


Figura 5.6: Unión de puntos que pasan por el centro de cada diente.

$$\text{incremento} = 640 \div 320 = 2$$

$$\text{intervalo} = 320 \div 2 = 160$$

Más aún, el software también calcula la longitud en milímetros de manera automática (ver figura 5.8).

A diferencia del método tradicional (manual), la aplicación propuesta tiene la ventaja de trazar una línea arcada que no es una unión de las líneas rectas, con lo cual se puede obtener la longitud de arco de como una curva suave, continua y más precisa.

5.4. Calibración de la imagen

La resolución es el factor que determina el tamaño de una imagen escaneada, se calcula con dos números enteros, el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen horizontalmente) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen verticalmente). En la práctica se suele utilizar la unidad ppp (puntos por pulgada) para referirse a la cantidad de píxeles en la imagen. En otras palabras, se puede calcular el tamaño real de un modelo en unidad de pulgada con la fórmula:

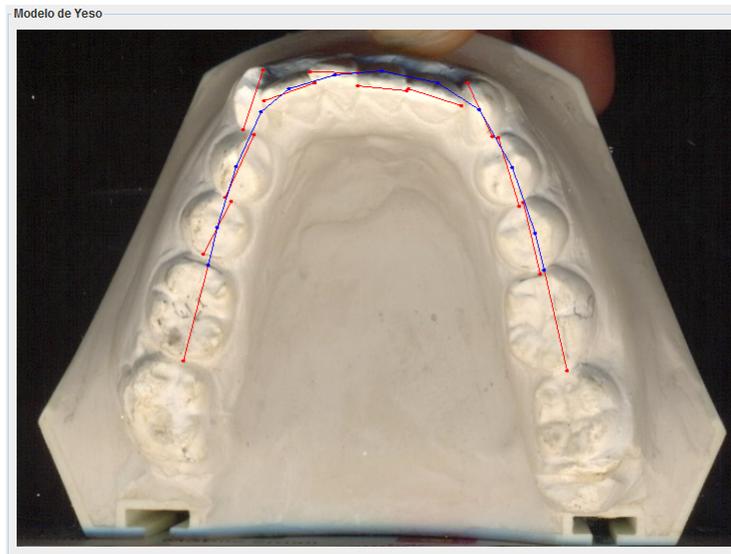


Figura 5.7: Puntos modificados y ajustados por el usuario.

Tamaño real = tamaño medida de la imagen / resolución (dpi)

Previo a realizar cualquier medición, el software le permite al usuario realizar una calibración del modelo para hallar las dimensiones reales en milímetros, evitando los errores asociados a las distintas magnitudes con las que pudieran tomarse las imágenes indirectas (por ejemplo, desde fotos). En este caso, hay que realizar la calibración, con la ayuda del papel milimetrado o la regla milimétrica colocada en la imagen, se indican dos puntos en horizontal o vertical con una separación constante de un centímetro. El software calibrará la medida con esta longitud en un centímetro.

5.5. Las Mediciones

A continuación presentamos todas las distintas mediciones que el software puede realizar en forma computarizada.

5.5.1. Tamaños mesio-distales de los dientes

Espacio Requerido: es la sumatoria de los tamaños de los dientes, en su máxima distancia, entre los puntos de contacto en sus caras mesial y distal. Una vez cargada la imagen, el software le provee al usuario la opción de calibración (si es necesario) y de medir los tamaños de los dientes.

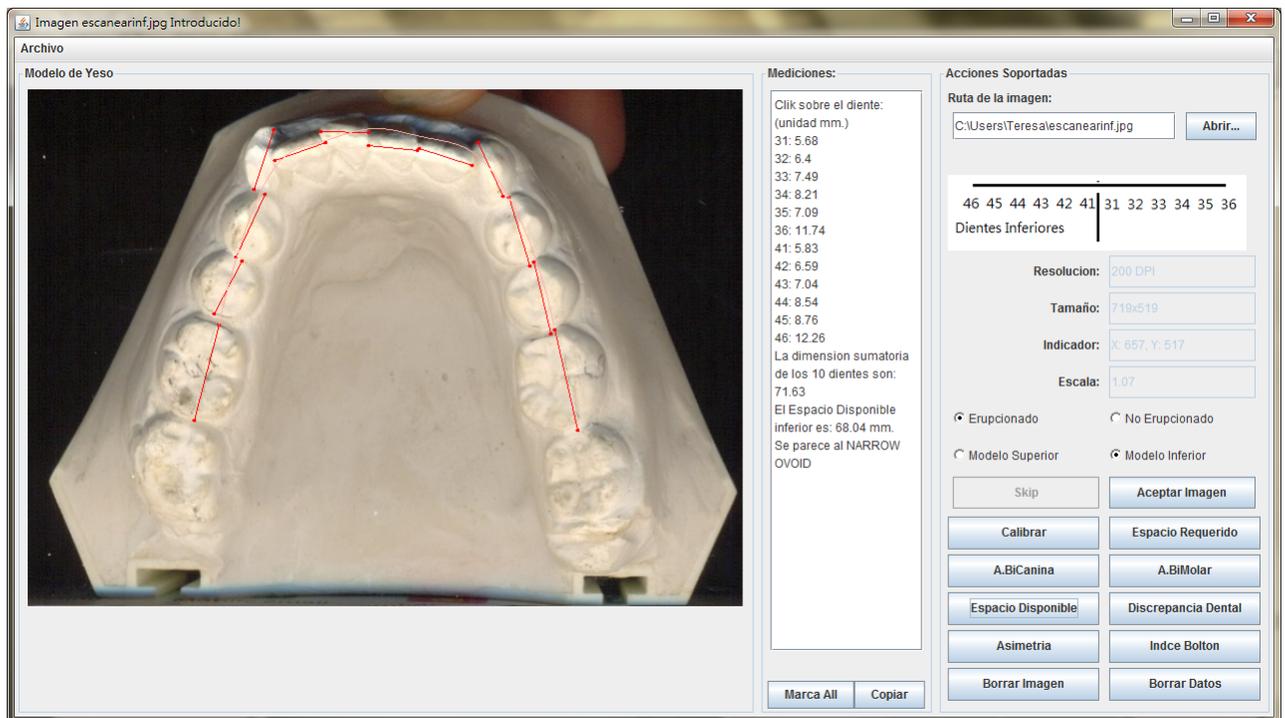


Figura 5.8: Trazado y medida de la longitud de arco.

Dependiendo de la imagen del modelo (dientes erupcionados, o dentición mixta), el usuario puede ubicar los puntos de contacto mesial y distal del diente indicado en el campo de “mediciones”. De esta manera, el software dibuja automáticamente una línea de color rojo entre estos puntos y a la vez le muestra la medida que se ha calculado en milímetros. Este procedimiento puede verse en la figura 5.9 y la figura 5.10.

Una vez trazada la imagen, se guarda y puede ser reutilizada en otras mediciones posteriores. El software solo le permite al usuario hacer nuevas mediciones, cuando se han terminado de hacer todas las mediciones en el modelo de estudio.

5.5.2. Anchura bicanina y bimolar

Las anchuras bicanina y bimolar se consideran igual que en el método manual, como la distancia entre ambos caninos o molares. Si posicionamos el indicador del ratón sobre la imagen en los puntos deseados, de manera automática se dibujará una línea de color verde para la anchura bicanina y una línea de color azul para la anchura bimolar. El software también calcula la distancia real en milímetros, como se indica en la figura 5.11 y la figura 5.12. Después de todas estas mediciones se almacena la imagen y los datos capturados.

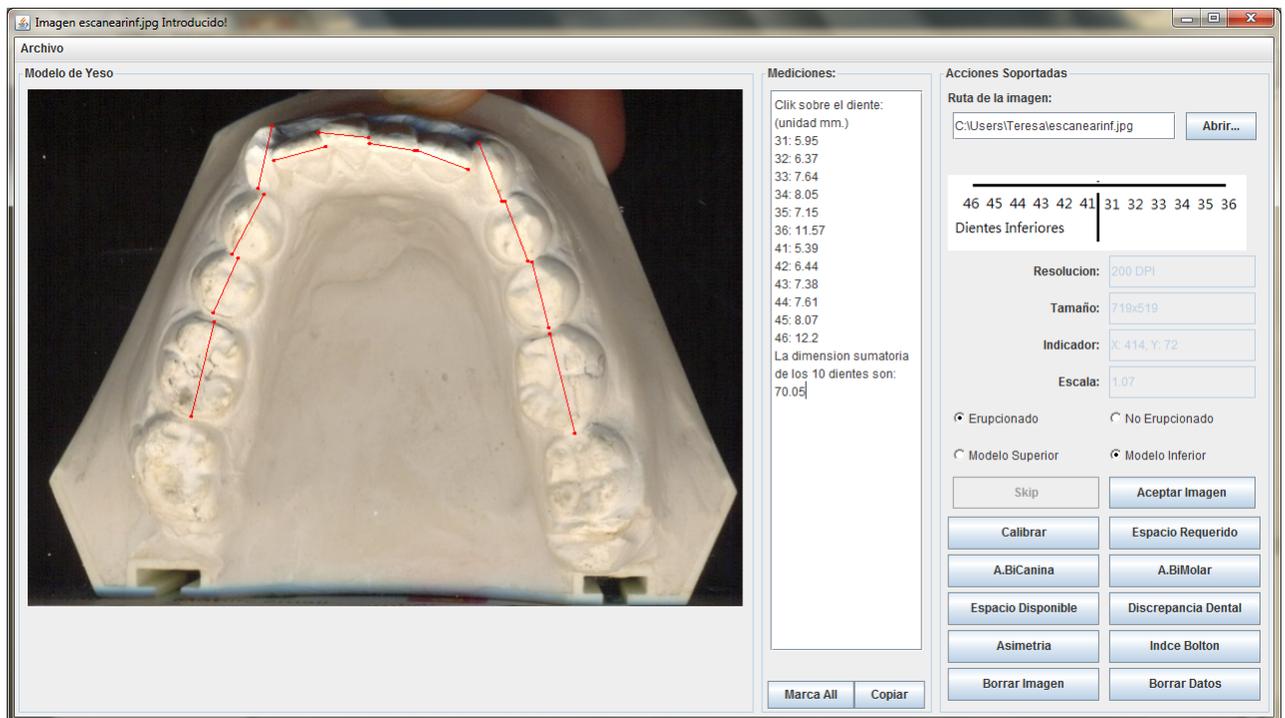


Figura 5.9: Espacio requerido en un modelo inferior y erupcionado

5.5.3. Mediciones indirectas

Una vez que se tiene los datos de las mediciones, el software puede calcular otras medidas indirectas, como la discrepancias dentarias, el índice de Bolton anterior y el total, diferencias entre longitud de arcada, la anchura bicanina, la anchura bimolar y asimetrías de los dientes. Todas las mediciones son almacenadas por el sistema, permitiéndole al usuario obtener la información de salida en un archivo de texto además de la imagen de salida. (ver figura 5.13 y figura 5.14).

En las figura 5.15, figura 5.16 y figura 5.17 se muestra en una ventana, el valor de la discrepancia dental, las asimetrías de los dientes y el índice de Bolton anterior y total.

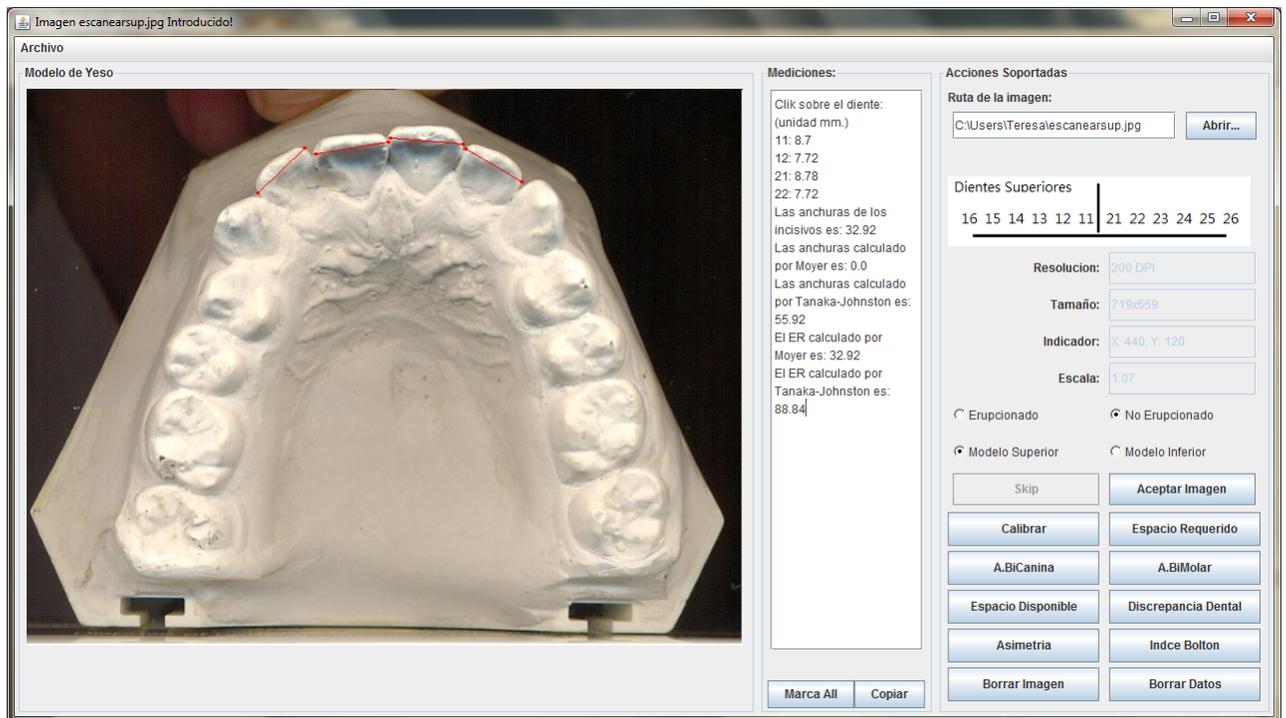


Figura 5.10: Espacio requerido en un modelo superior y no erupcionado.

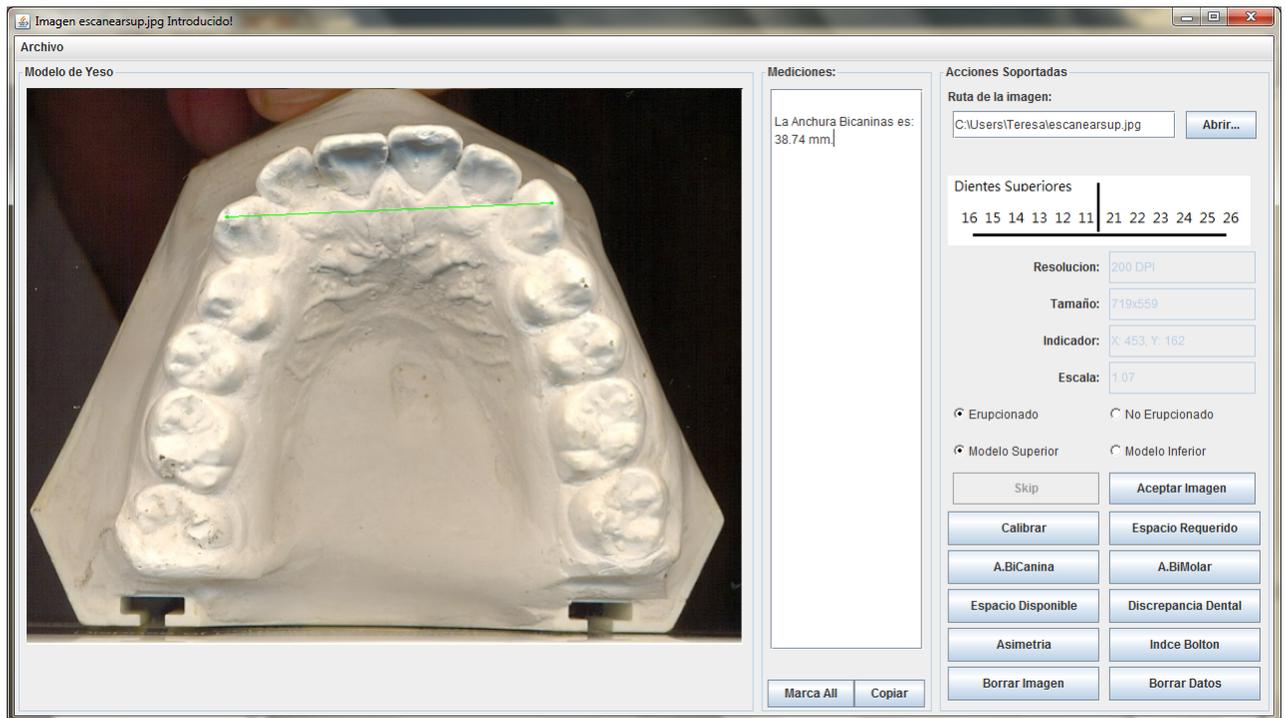


Figura 5.11: Trazado y medida de la anchura bicanina.

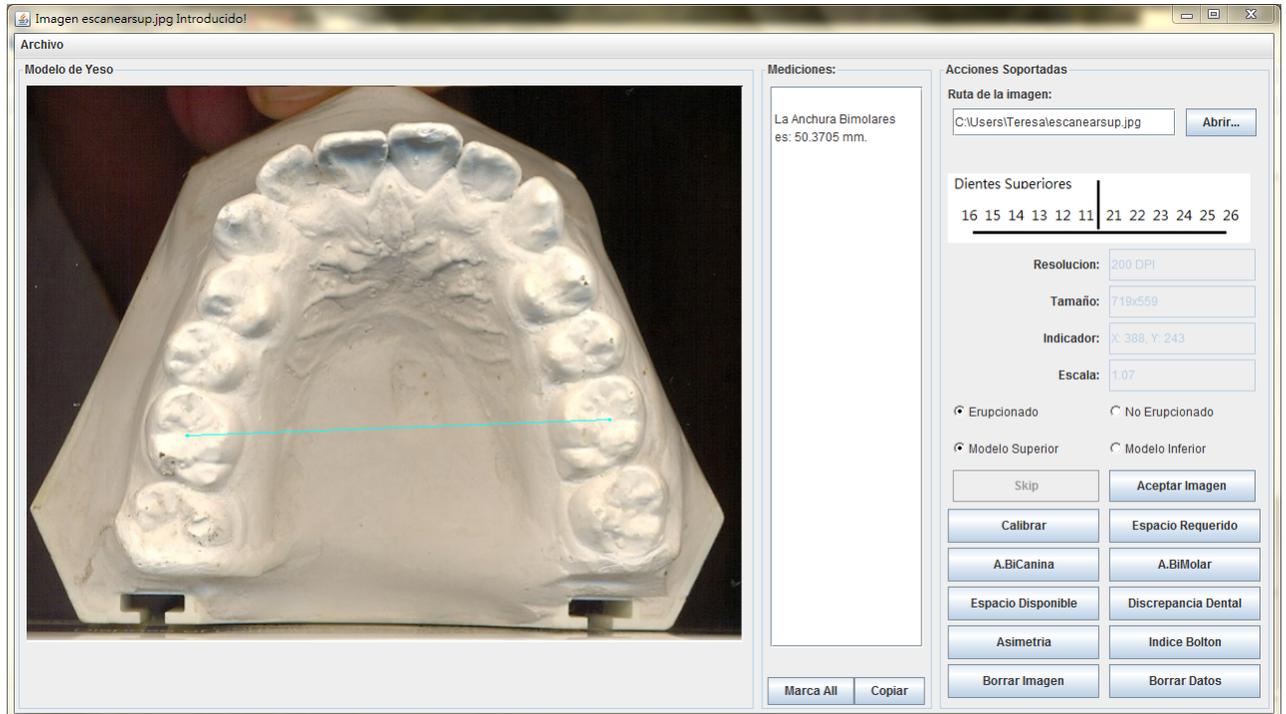


Figura 5.12: Trazado y medida de la anchura bimolar.

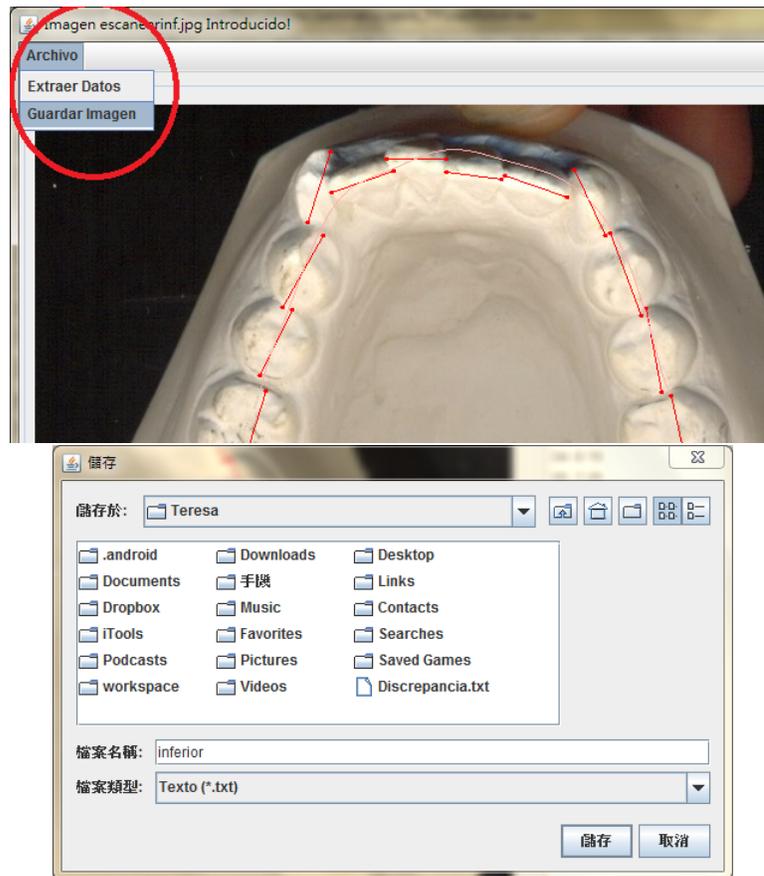


Figura 5.13: Guardar imagen de salida en archivo.

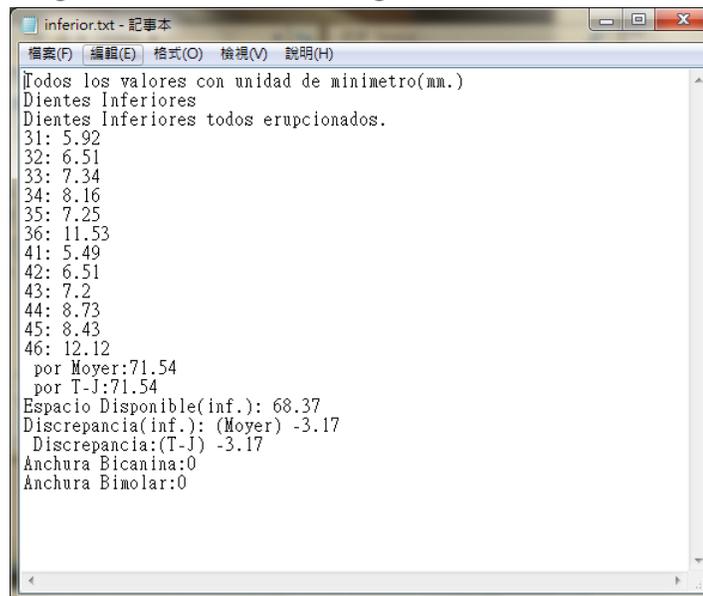


Figura 5.14: Archivo de texto guardado.

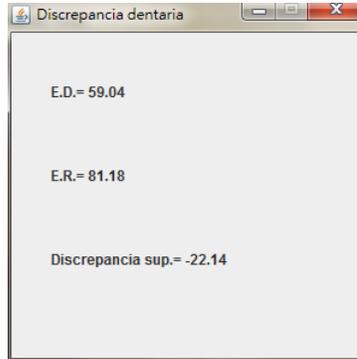


Figura 5.15: Resultado de la discrepancia dentaria.

Asimetrías de los dientes inferiores

Dientes	Tamaño(mm)	Dif.(mm)	
31-41	5.92	5.49	0.43
32-42	6.51	6.51	0
33-43	7.34	7.2	0.14
34-44	8.16	8.73	-0.56
35-45	7.25	8.43	-1.17

Figura 5.16: Resultado de las asimetrías de los dientes.

Indice Bolton

Indice de Bolt...	Inferiores(mm)	Superiores(...)	Valor(%)	D.S
Anterior	39.34	48.98	80.3	0.99
Total	94.25	102.56	91.9	1.61

Figura 5.17: Resultado del índice de Bolton anterior y total.

Resultados experimentales

A fin de evaluar la precisión de los resultados obtenidos con la aplicación desarrollada, a continuación presentamos un ejemplo real de un diagnóstico de discrepancia dentaria con el modelo de estudio de yeso, el cual es escaneado para producir la imagen a estudiar. La aplicación se ejecuta sobre dicha imagen y se obtiene el informe de las mediciones del modelo, el cual se compara con el resultado obtenido usando el método tradicional.

Como la Discrepancia dentaria y el índice de Bolton son resultados indirectos de las mediciones directas (espacio disponible, espacio requerido, y los tamaño de cada dientes), por consecuencia la precisión de estas mediciones indirectas dependerá de las operaciones ejecutadas en las mediciones directas. En este caso, como las operaciones son simples y se ejecutan una sola vez, la precisión será fijado por el usuario que introdujo los datos.

Para evaluar la diferencia entre el método tradicional y el método automatizado, las mediciones se realizaban sobre el mismo modelo de estudio, y la imagen escaneada de dicho modelo con la resolución 200 dpi. Esta prueba se desarrollo usando un computador bajo Windows 7 edición Ultimate, 32 bits, con 4GB de memoria, CPU: PENT. T3400 2.16 GHz. La tabla 6.1 muestra los resultados obtenidos por ambos procedimientos.

6.1. Espacio disponible y espacio requerido

En la tabla 6.1 se muestran las medidas obtenidas por método tradicional, y la figura 6.1 permite visualizar los valores obtenidos por la aplicación. La tabla 6.2 muestra las mediciones del espacio disponible por el método tradicional, y por método automatizado. La tabla 6.3 muestra los resultados de anchuras bicaninas y bimolar obtenidas por ambos métodos.

D. sup.	Tamaño(mm)		D. inf.	Tamaño(mm)	
11-21	90	89	31-41	60	56
12-22	79	78	32-42	67	69
13-23	78	80	33-43	76	75
14-24	80	80	34-44	81	79
15-25	82	78	35-45	76	81
Método tradicional	81.4		Método automatizado	82.17	

Tabla 6.1: Comparación de mediciones: método tradicional y método automatizado.



Figura 6.1: Tamaño de los dientes, calculados por la aplicación

6.1.1. Análisis de la experimentación

Comparando los datos obtenidos por el método tradicional con aquellos calculados por la aplicación, se puede notar:

ED.sup.	Trad.	Prog.	ED. inf.	Trad.	Prog.
Suma:	68.3mm	67.31mm	Suma:	67.4mm	68.38mm

Tabla 6.2: Espacio Disponible. Resultados del método tradicional y calculado con método automatizado.

Ud(mm)	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.
Tradicional:	42	31	57	50
Aplicación:	41.26	29.97	57.97	50.6

Tabla 6.3: Anchuras. Resultados del método tradicional y método automatizado.

1. Hay diferencias entre los tamaños de cada diente es decir, esto se debe a que los puntos que se toman en el método tradicional no coinciden con los puntos que señala el usuario en la aplicación. Para un usuario experto no debe afectar el resultado final (la decisión del tratamiento dentario con o sin extracciones) siempre en cuando la suma de las diferencias no llega al tamaño de un diente.
2. Los cálculos realizados por el computador son más rápidos y precisos.
3. Las mediciones indirectas se obtienen inmediatamente.
4. Varias herramientas estadísticas para la predicción de medidas están disponibles a petición del usuario.

Debido a la característica de la imagen del modelo de estudio escaneado, el contorno del diente solo está claro por la cara oclusal, pero no así la cara mesial ni la cara distal, esto le genera dificultad al usuario al momento de definir los puntos de referencia. Esta característica marca una diferencia a favor del método tradicional que debe corregirse en futuras versiones de la aplicación.

Por otra parte, con respecto a los cálculos del espacio disponible y las anchuras bicanino y bimolar la diferencia entre los resultados obtenidos por el método tradicional y por la aplicación es muy pequeña. Sin embargo, el método digital es más preciso y consume menos tiempo. Los resultados de estas mediciones son usados por la aplicación para obtener el índice de Bolton, la asimetrías de los dientes, y la meta de esta aplicación: la discrepancia dentaria.

Conclusión

Tradicionalmente, los dentistas realizan las mediciones de los tamaños de los dientes usando métodos manuales con la ayuda de distintos tipos de instrumentos dentarios. Y luego con estas mediciones calculan el espacio requerido, la discrepancia dentaria, asimetrías de los dientes, e índice de Bolton.

Son trabajos simples, pero el proceso es repetitivo y poco verificable, de hecho en cualquier momento de duda deben tomarse de nuevo las mediciones. Por esta razón, se planteó y se desarrolló en este trabajo una aplicación para automatizar estos procesos de medición, con el fin de generar un informe de las medidas de Discrepancia dentaria, asimetrías de los dientes, e índice de Bolton, a petición del usuario.

Entre las características más resaltantes de esta aplicación, se pueden mencionar:

1. Fácil de introducir o generar archivos sencillos como texto o imagen.
2. Manipulación de herramientas para dibujar líneas y puntos sobre la imagen.
3. La medición del arco (espacio disponible) usando cálculos numéricamente estables con formulas matemáticas reconocidas.
4. Generación automática de reporte de mediciones y de cálculos que apoyen al diagnóstico.
5. Esta aplicación está propuesta a las necesidades por Ortodoncistas Venezolanos

Para cumplir los requerimientos anteriores, se implementó un aplicación con el lenguaje de programación Java 7, el cual nos permite escribir un programa que habrá de ejecutarse en varias plataformas sin requerir una recompilación. Sus diferentes bibliotecas y paquetes hacen que el desarrollo sea relativamente sencillo.

Para el diseño de la aplicación se empleó la arquitectura MVC (Modelo-Vista-Control) con una interfaz sencilla, usable, y que permite al usuario hacer las mediciones

que se necesitan cómodamente, que hace transparente el control y el modelo. Además es adaptable a futuras incorporaciones de otros análisis y medidas.

Como trabajo futuro pudieran considerarse:

- Permitir introducir los datos personales del paciente para generar un informe como la ficha clínica.
- Agregar nuevos análisis con la imagen de una radiografía.
- Con respecto a los métodos numéricos, estudiar su aplicabilidad en otros contextos y diseñar instrumentos para su evaluación.
- Esta aplicación está siendo usada y evaluada por Ortodóncistas Venezolanos de amplia trayectoria.

Bibliografía

- [1] ANGLE, E. H. *The latest and best in orthodontic mechanism*. Dental Cosmos, 1928.
- [2] BOEHM, B. *A spiral model of software development and enhancement*, vol. 11. 1986.
- [3] BOLTON, W. *Disharmony in tooth size and its relation to the analyses and treatment of malocclusion*. PhD thesis, 1958.
- [4] DE LUCCA FACHOLLI; JOSÉ EUCLIDES NASCIMENTO; FÁBIO RICARDO LOUREIRO SATO; KIKUO SATOSE, A. F. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. Dental Press Editora, 2006.
- [5] DELABARRE, C. F. *Traité de la partie mécanique de l'art du chirurgien-dentiste*. l'auteur ; Gabon : Méquignon Marvis, 1820, 1787-1862.
- [6] DOS SANTOS, R. L., AND PITHON, M. M. Discrepancia dentaria de bolton y finalización de ortodoncia: Consideraciones clínicas. *International journal of odontostomatology* 4, 1 (2010).
- [7] ELIZONDO, H. M. D. J. D. A. V. R. *Cómo programar en Java*. Naucalpan de Juarez.
- [8] GALLARDO, V. P. Método de medición del índice de bolton mediante digitalización de la arcada dentaria. Master's thesis, Universidad de Valencia, Facultad de Medicina y Odontología. Valencia España, 2003.
- [9] ING. J.J. CORTÉS ROSAS, M.E. GONZÁLEZ, V. P. *Introducción al Análisis numérico y tratamiento de errores*. PhD thesis, UNAM.
- [10] LUZ D' ESCRIVÁN DE SATURNO, M. T. C. *Ortondoncia en Dentición Mixta*. 2007.
- [11] MOYERS ROBERT, E. *Manual de Ortodoncia*, vol. 192. 1992.

- [12] OTAÑO LUGO, R. *Manual clínico de Ortodoncia*. Editorial Ciencias Médicas, 2008.
- [13] PALACIOS, M. Introducción al cálculo numérico.
- [14] TUCCI, K. *Análisis Numérico*. PhD thesis, Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes.
- [15] VELLINI, F. *Ortodoncia: diagnóstico y planificación clínica*. Artes Médicas, 2002.