



*Una universidad incluyente y comprometida con
el desarrollo integral*

MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN.

Autor

Héctor Marino Flórez Vera

Director

Luis Enrique Mendoza

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES





MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA

DICIEMBRE 1 DE 2015

PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA
APLICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN
FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN.**

FECHA DE INICIO DEL TRABAJO: 25 de Mayo 2015

FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO: 1 de Diciembre 2015

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACIÓN:

HÉCTOR MARINO FLÓREZ VERA

AUTOR

LUIS ENRIQUE MENDOZA
DIRECTOR

WILLIAM VILLAMIZAR ROZO
DIRECTORA DE PROGRAMA

JURADO CALIFICADOR:

LUIS ALBERTO MUÑOZ.

HERNANDO JOSÉ VELANDIA

LUIS ENRIQUE MENDOZA

PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

COLOMBIA

DICIEMBRE 1 DE 2015





**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

PROGRAMA: _____

MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> DOCENCIA | <input type="checkbox"/> REALIZACIÓN DE DIPLOMADO | <input type="checkbox"/> PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN |
| <input type="checkbox"/> PRACTICA INTEGRAL | <input type="checkbox"/> PRÁCTICA EMPRESARIAL | <input type="checkbox"/> RECITAL DE GRADO |
| <input type="checkbox"/> INVESTIGACIÓN | | |

EL JURADO CALIFICADOR CONFORMADO POR: (Nombres, apellidos y documento de identidad).

JURADO 1: _____ / C.C.: _____
 JURADO 2: _____ / C.C.: _____
 JURADO 3: _____ / C.C.: _____

EN SU SESIÓN EFECTUADA EN: _____ A LAS _____ HORAS,
 DEL DÍA _____ DEL MES _____ DEL AÑO _____

Terminadas sus deliberaciones, y en cumplimiento de las normas y acuerdos de los órganos de dirección de la Universidad de Pamplona, se ha llegado a la siguiente conclusión:

Primera Conclusión: Otorgar la Calificación de: __. __.

- EXCELENTE (≥ 4.5)
 APROBADO ($< 4.5, \geq 3.0$)
 INCOMPLETO

AL TRABAJO DE GRADO TITULADO: _____

AUTOR: _____ /C.C.: _____

DIRECTOR Y/O TUTOR: _____ /C.C.: _____

Segunda Conclusión: Emitir los siguientes criterios

Otras: _____

No.	DESCRIPCIÓN	RECOMENDAR	
		SI	NO
1.	Recomendar para presentar en eventos.		
2.	Recomendar para publicación.		
3.	Recomendar para ser continuado en otros trabajos.		

Tercera Conclusión: Avalar el cumplimiento del Trabajo de Grado, para optar por el Título de:

Firmas del Jurado Calificador:

_____ JURADO 1 _____ JURADO 2 _____ JURADO 3

_____ Director Comité Trabajo de Grado _____ Director Unidad Académica

Nota: Diligenciar debidamente todos los espacios requeridos en el formato.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



Para ustedes;
Carmen Rosa Vera y Antonio Ochoa
Eterna Gratitud





Este trabajo de grado esta dedico A mis padres Carmen Rosa Vera y Antonio Ochoa que me han inculcado Valores, Virtudes y son el mejor ejemplo de responsabilidad y dedicación, a mi familia, en especial a mi Nona María Bárbara Cáceres que aunque No este con nosotros sería la persona más orgullosa al ver este logro alcanzado. A mi compañera de vida Julieth Steele y amigos quienes son y fueron un apoyo en las buenas y en las malas y por último a todos los docentes que hicieron parte en la formación de mi carrera en especial a Luis Enrique Mendoza, docente que confió en mis capacidades y me dio la oportunidad de realizar este proyecto junto su dirección, de haber sido constante, y siempre dar ese apoyo en los momentos más difíciles y un gran apoyo personal y profesional,

A todos ellos, muchas gracias.





RESUMEN DEL PROYECTO

La respiración es un proceso biológico imprescindible para la vida y, aunque se lleva a cabo de forma involuntaria, la mayoría de las veces se hace de forma incorrecta debido a malas posturas corporales y diversos factores de fisionomía del rostro, esto ocasiona grandes dificultades para realizar el proceso de oxigenación del cuerpo y el cerebro. Es así como, el Protocolo de Evaluación Fonoaudiológica de la Respiración, es una herramienta indispensable para el profesional de la salud, para detectar posibles problemas relacionados con la mala respiración. Dicho protocolo en su estado actual sigue una serie de pasos teóricos, en donde al sujeto de prueba se le realizan factores evaluativos con ayuda de referencias anatómicas o marcadores corporales que permiten caracterizar la postura corporal, antropometría facial, examen extra-intra oral y función respiratoria de manera manual, esto conlleva a que los datos recolectados sean subjetivo. El proyecto presenta el desarrollo de un aplicativo que realiza de manera automática mediciones antropométricas en dos planos anatómicos, sagital y frontal. Las mediciones antropométricas se realizan en la parte superior del cuerpo y desde la cintura hasta la cabeza. Para la toma de los datos se usó visión artificial y para obtener los datos antropométricos se usarán técnicas de procesamiento de imágenes como: Binarización, etiquetado, trigonometría. Estas técnicas y los resultados obtenidos permiten desarrollar por parte de un experto el protocolo fonoaudiológico de la respiración con puntuación. Finalmente, el aplicativo cuenta con una interfaz gráfica amigable y de fácil manejo, reduciendo tiempo y trabajo en la implementación del protocolo. Es importante resaltar que este trabajo permite al especialista apoyarse en una herramienta digital que aumenta la exactitud de las medidas Y la precisión en el diagnostico emitido, además se demostró que las mediciones obtenidas por el aplicativo son confiables comparadas con las obtenidas de manera manual por parte del especialista.





CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLA	12
INTRODUCCIÓN	13
MOTIVACIÓN	14
DELIMITACIÓN	16
CAPÍTULO I	17
MARCO TEÓRICO	17
1.1. Protocolo de Evaluación Fonoaudiológica de la Respiración con Puntuación – PEFORP.	17
1.2. El aparato respiratorio humano.	17
1.2.3. Respiración.....	17
1.2.4. Tipos de respiración	19
1.3. Postura Corporal	19
1.3.1. Modelo postural correcto.	20
1.3.3. Factores que influyen en la postura.....	21
1.3.4. Alteraciones posturales.	22
1.3.5. Modelo estándar de alineamiento postural.....	24
1.4. Antropometría	25
1.4.2. La localización de los puntos antropométricos básicos.	25
1.4.3. Medidas antropométricas.	29
1.5. Visión artificial.....	31
1.5.1. Aplicaciones de la visión artificial.....	32
1.5.2. Componentes de un sistema de visión artificial.....	33
1.6. Componentes de las imágenes.	37
1.6.1. Imagen digital.....	37
1.6.2. Pixel	37
1.6.3. Escala de Grises.	37





1.6.4. Imagen Binaria.....	37
1.7. Procesamiento Digital de Imágenes.....	37
1.7.1. Espacios de color.....	38
1.7.3. Segmentación.....	39
1.7.5. Métodos Trigonométricos.....	40
1.8. Hardware de adquisición de imágenes.....	41
1.8.1. El sensor Kinect.....	41
CAPÍTULO II.....	46
Metodología.....	46
2. Etapas del proyecto.....	46
2.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL.....	47
2.1.1. Instalación de Kinect para Windows en MatLab.....	47
2.1.2. Detectar el dispositivo Kinect en MatLab.....	50
2.1.3. Captura de las imágenes.....	52
2.1.4. Ubicación del paciente.....	53
2.2. Implementación de técnicas de procesamiento.....	53
2.2.1. Marcadores Anatómicos.....	53
2.2.2. Segmentación de los marcadores anatómicos.....	53
2.3. Diseño de interfaz Gráfica.....	73
2.3.1. Interfaz principal.....	74
2.3.2. Interfaz de calibración.....	74
2.3.3. Interfaz plano frontal.....	75
2.3.4. Interfaz plano posterior.....	76
2.3.5. Interfaz plano sagital derecho.....	77
2.3.6. Interfaz plano sagital izquierdo.....	78
CAPÍTULO III.....	80
Resultados y Validación del sistema.....	80
3. Validación.....	80
3.1. Resultados de las mediciones del sistema vs manuales del plano sagital.....	80
3.1.1. Paciente uno (1).....	81





MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN

3.1.2. Paciente dos (2).....	86
3.1.3. Paciente tres (3).....	91
3.1.4. Paciente cuarto (4).....	96
3.1.5. Paciente cinco (5).....	101
3.1.6. Análisis del Plano Frontal de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10).....	106
3.1.7. Análisis del Plano Posterior de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10).....	107
3.1.8. Análisis del Plano Sagital Izquierdo de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10). 109	
3.1.9. Análisis del Plano Sagital Derecho de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10). 110	
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	113
FUENTES DE FINANCIACIÓN	114
ANÁLISIS ADMINISTRATIVO	115
ANALISIS DE PROTECCION E HIGIENE DEL TRABAJO	116
INFLUENCIA AMBIENTAL DEL TRABAJO	117
CONCLUSIONES.....	118
Bibliografía.....	119





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la respiración Humana.	18
Figura 2 Postura Corporal correcta e Incorrecta.	21
Figura 3. Columna con Cifosis	22
Figura 4. Columna con Lordosis.	23
Figura 5. Columna con Escoliosis.	23
Figura 6. Vista Lateral, Posterior y Frontal del cuerpo humano.	24
Figura 7. Planos antropométricos (Kevin Norton & Tim Olds, 1996)	26
Figura 8. Puntos antropométricos óseos y plano de Frankfort. (Sillero, 2005)	28
Figura 9. Punto acromial (acromiale) (Sillero, 2005)	29
Figura 10. Punto radial (Radiale). (Sillero, 2005)	29
Figura 11. Longitudes (Sillero, 2005) (Kevin Norton & Tim Olds, 1996)	30
Figura 12. Ramas de la inteligencia artificial (S.A.B.I.A, 2012)	31
Figura 13 Fases de la visión artificial (S.A.B.I.A, 2012)	32
Figura 14. Sistema de iluminación (S.A.B.I.A, 2012)	33
Figura 15. Elementos empleados en una aplicación de visión artificial (S.A.B.I.A, 2012)	34
Figura 16. Etapas de una aplicación de visión artificial (S.A.B.I.A, 2012)	35
Figura 17. Nivel de Umbral (Calle, 2005)	37
Figura 18. Modelo RGB (Molinero Díez, 2010)	38
Figura 19. Imagen Binaria, Etiquetado terminado, Etiquetado después de unificar.	40
Figura 20. El teorema del coseno es una generalización del teorema de Pitágoras para cualquier triángulo. (UniversoFormulas, 2015)	41
Figura 21. El sensor Kinect de Microsoft (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)	42
Figura 22. Patrón de puntos emitidos por el sensor Kinect (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)	43
Figura 23. Imagen de profundidad para distancias muy grandes (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)	44
Figura 24. Efecto de superficie reflectante y paralela a los rayos de luz.	45
Figura 25. Diagrama de bloques de las etapas del proyecto.	46
Figura 26. Localización de Get Hardware Support Packages.	47
Figura 27. Inicio de instalación de Kinect en Matlab. (Iñarra, 2014)	48
Figura 28. Ección del paquete Kinect para Windows. (Iñarra, 2014)	48
Figura 29. Revisión de licencia. (Iñarra, 2014)	49
Figura 30. Instalación del paquete Kinect para Windows en MatLab 2. (Iñarra, 2014)	49
Figura 31. Confirmación de la instalación paquete Kinect para Windows en MatLab.	49
Figura 32. Modos de Bodyposture (Iñarra, 2014)	52
Figura 33. Imagen original y Espacios de color Rojo, Verde y Azul	54
Figura 34. Resta de espacios de color entre R(rojo) y B(Azul).	55
Figura 35. Imagen binarizada de los marcadores de color verde, del plano Frontal	56
Figura 36. Imagen de binarizada de los marcadores de color fucsia, del plano Frontal.	56
Figura 37. Binarización de los planos Frontal, Posterior, sagital Izquierdo y sagital Derecho.	56
Figura 38. Filtrado por área plano Frontal marcadores verdes.	57
Figura 39. Filtrado por área plano Frontal marcadores fascias.	57
Figura 40. Filtrado por área de los planos Frontal, Posterior, sagital Izquierdo y sagital Derecho	57





Figura 41. Centroides en los marcadores en los planos Frontal, Posterior, sagital derecho y sagital izquierdo.	58
Figura 42. Coordenadas reales en el Kinect. (Gabriel, 2015)	59
Figura 43. Triángulo rectángulo.	60
Figura 44. Plomada o línea guía para la ubicación del paciente.	61
Figura 45. Binarización de los brazos, plano Frontal.	62
Figura 46. Segmentación recorte tórax	63
Figura 47. Plano Frontal con plomada y trazas entre puntos antropométricos.	64
Figura 48. Binarización de los brazos, plano Posterior.	65
Figura 49. Segmentación del plano posterior de la Columna.	65
Figura 50. Plano Posterior con plomada y trazas entre puntos antropométricos.	66
Figura 51. Segmentación de la cabeza.	68
Figura 52. Segmentación del plano Sagital derecho del brazo	68
Figura 53. Segmentación plano Sagital derecho de la Columna	69
Figura 54. Plano Sagital Derecho con plomada y trazas entre puntos antropométricos.	69
Figura 55. Segmentación de la cabeza.	71
Figura 56. Segmentación plano Sagital Izquierdo de la Columna	72
Figura 57. Segmentación plano Sagital izquierdo de la Columna	72
Figura 58. Plano Posterior con plomada y trazas entre puntos antropométricos.	73
Figura 59. Menú del sistema.	74
Figura 60. Calibración del sistema.	75
Figura 61. Interfaz Plano Frontal.	76
Figura 62. Interfaz Plano Posterior.	77
Figura 63. Interfaz Plano Sagital Derecho.	78
Figura 64. Interfaz Plano Sagital Izquierdo.	79
Figura 65. Implantación de Marcadores y toma de resultados por parte del especialista.	80
Figura 66. Implementación aplicación en plano Frontal paciente uno.	82
Figura 67. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente uno.	83
Figura 68. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente uno.	84
Figura 69. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente uno.	86
Figura 70. Implementación aplicación en plano Frontal paciente dos.	87
Figura 71. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente dos.	88
Figura 72. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.	89
Figura 73. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente dos.	91
Figura 74. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente tres.	92
Figura 75. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente tres.	93
Figura 76. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.	94
Figura 77. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente tres.	96
Figura 78. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cuarto.	97
Figura 79. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cuarto.	98
Figura 80. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.	99
Figura 81. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente cuarto.	101
Figura 82. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cinco.	102
Figura 83. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cinco.	103
Figura 84. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente cinco.	104



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



Figura 85. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente dos.	106
Figura 86. Longitudes del plano frontal para seis pacientes.	106
Figura 87. Porcentaje de error del Plano Frontal	107
Figura 88. Longitudes del plano Posterior para seis pacientes.	108
Figura 89. Porcentaje de error del Plano Posterior.	108
Figura 90. Longitudes del plano Sagital izquierdo para seis pacientes.	109
Figura 91. Porcentaje de error del Plano Sagital Izquierdo.	110
Figura 92. Longitudes del plano Sagital Derecho para seis pacientes.	111
Figura 93. Porcentaje de error del Plano Sagital Derecho.	111

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Puntos para las distancias del rostro, plano Sagital Derecho	67
Tabla 2. Puntos para las distancias del rostro, plano Sagital Izquierdo.	71
Tabla 3. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente uno.	81
Tabla 4. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente uno.	82
Tabla 5. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente uno.	84
Tabla 6. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente uno.	85
Tabla 7. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente dos.	86
Tabla 8. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente dos.	87
Tabla 9. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.	89
Tabla 10. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente dos.	90
Tabla 11. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente dos.	92
Tabla 12. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente tres.	92
Tabla 13. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente tres.	94
Tabla 14. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente tres.	95
Tabla 15. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente Cuarto.	96
Tabla 16. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cuarto.	97
Tabla 17. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.	99
Tabla 18. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente cuarto.	100
Tabla 19. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente cinco.	101
Tabla 20. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cinco.	102
Tabla 21. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente cinco.	104
Tabla 22. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente cinco.	105





INTRODUCCIÓN

El ser humano oxigena el cuerpo a través de la respiración, este proceso se ve afectado por alteraciones posturales, anomalías en la anatomía facial entre otros, en la rama de la fonoaudiología se han creado protocolos que analizan la postura, antropometría externa e interna del rostro para encontrar problemas. Existen aplicaciones o software especializados en medidas de la postura, pero no cumplen a cabalidad con las medias que requiere el protocolo. En este proyecto se plantea el desarrollo de un sistema automático, que permita la medición antropométrica en dos planos anatómicos, frontal y sagital del sujeto usando visión artificial. Esto con el fin de hallar todas las medidas que requiere el protocolo y facilitar y reducir tiempo en su implantación.





MOTIVACIÓN

Algunos trabajos posteriores y estadísticas que soportan la investigación:

- Análisis Cuantitativo De Los Movimientos Articulares Del Cuerpo Humano Y Evaluación De La Postura Global A Nivel De La Columna Vertebral Humana Utilizando Visión Artificial.

AUTOR: Dixon F, Leonardo O.
Colombia, Universidad de Pamplona.

Herramienta computacional que analiza a nivel cuantitativo los movimientos articulares del cuerpo humano y evalúa la postura global de la columna vertebral humana utilizando como método de medición la visión artificial, Este proyecto relaciona estos dos grandes campos como el método de medición con énfasis en las patologías comunes en la columna y análisis de los movimientos articulares del cuerpo humano. (Dixon F, 2013)

- Análisis Biomecánico De La Postura Mediante Técnicas Videogramétricas

AUTOR John S, John A, Juan Carlos M, Lola Xiomara B.
Colombia, Universidad industrial de Santander.

Analizar mediante técnicas Videogramétricas y el análisis biométrico la postura en personas con ocupación de oficinista (con aproximadamente ocho horas laborales), constituyéndose en una herramienta para la valoración postural y la determinación de las correcciones necesarias asociadas con la salud ocupacional. (John J. Sanabria, 2012)

- ADiBAS Posture Automatic Digital Biometry Analysis System

AUTOR: Miguel R, José R. y Sergio E.
España, Universidad de Barcelona, Physicaltech.

Herramienta informática que permite un diagnóstico preciso de la postura corporal de forma sencilla, rápida, muy precisa y no invasiva, fundamentada en avances de inteligencia artificial y visión por computador en 3D, una ayuda esencial para poder hacer frente a los tan habituales dolores de espalda o para prevenir trastornos músculo-esqueléticos, entre otras posibilidades. Basta con que el paciente se coloque de pie -o también sentado. (Physicaltech, 2015)





MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN

Un estudio realizado en la ciudad Santiago de Cali, para identificar la presencia de hábitos orales en niño entre las edades de 3 a 14 años entre el 2005 y 2012, arrojo que en una muestra de 1.662 niños el 17.7% presentaba algún habito oral, en donde 63 niños y 41 niñas con un total de 104 respiradores orales (Libia O & Jesús C, 2013)

La idea de diseñar un aplicativo de adquisición de imágenes mediante procesamiento digital de señales que permita la medición y obtención de ángulos con una rotación del sujeto en el plano sagital y frontal, y así reafirmar conocimientos en el área del procesamiento digital de imágenes aplicando software que permitan realizar este análisis, y tecnologías fáciles de obtener como cámara de video o fotográfica para captar las imágenes. La implementación del aplicativo en la rama de fonoaudiología será de gran importancia, Es con el fin de aportar mediciones objetivas en la aplicación de protocolos de evolución fonoaudiológicos de la respiración, debido a que los ya existentes como el de Franklin Susanibar, se aplica de manera manual, esto conlleva a grandes falencias en los resultados, con ayuda del aplicativo se lograra obtener datos objetivos y en tiempo real, permitiéndole al profesional de la salud implementar el protocolo con veracidad, y así llevar a la conclusión de un diagnóstico, donde sea lo más propicio para lograr que el paciente reciba el mayor beneficio al menor riesgo y costo, es decir que reciba una atención de calidad. Esto con tal propósito que beneficie la Fonoaudiología educativa y pública.





DELIMITACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema automático de medidas antropométricas para la aplicación y desarrollo del protocolo de evaluación fonaudiológica de la respiración.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica y de antecedentes acerca del presente trabajo y de la antropometría del cuerpo humano.
- Crear una metodología para la toma de datos del sujeto basada en visión artificial que cumpla los requerimientos del protocolo.
- Implementar un algoritmo que permita obtener las mediciones antropométricas necesarias para desarrollar el perfil antropométrico del sujeto de prueba.
- Realizar pruebas del protocolo de medición en diferentes individuos de prueba, comprobando su buen desempeño y su certeza en las medias obtenidas, comparándolas con las reales del sujeto.
- Diseñar una interfaz gráfica para el algoritmo de mediciones antropométricas que sea amena con el usuario que no presente conocimientos de programación.
- Validar el sistema implementándolo en múltiples sujetos con diversas edades con el acompañamiento de profesionales del área de fonaudiología.





CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se revisa el fundamento teórico de cada uno de los temas necesarios para llevar a cabo la elaboración del proyecto. Los temas a tratar van desde que es la visión artificial, la postura corporal, medición y valoración de los puntos antropométricos del cuerpo humano.

1.1. Protocolo de Evaluación Fonoaudiológica de la Respiración con Puntuación – PEFORP.

Su función principal es detectar si un paciente es respirador oral u oro nasal, a partir de estudios antropométricos y medidas de la cantidad de aire que pasa a través de la nariz y de la boca, su gran importancia, se enfoca en la detección de y recuperar la respiración por vía nasal. (Susanibal, 2014)

1.2. El aparato respiratorio humano.

Es el aparato encargado de captar el oxígeno (O₂) del aire y de desprender el dióxido de carbono (CO₂) que se produce durante la respiración mitocondrial. (A. Jimeno, 2014)

1.2.3. Respiración

La ventilación es un proceso básicamente mecánico que renueva parcial y cíclicamente el aire alveolar, alternando los procesos de entrada de aire o inspiración y la salida del mismo o espiración, manteniendo dentro del pulmón una composición adecuada para el intercambio gaseoso. (Cruz Mena, 2002)

En relación al intercambio gaseoso, el aparato respiratorio puede ser comparado a un fuelle, en el que participan esencialmente tres componentes: Las vías aéreas, el tórax y los pulmones. (Cruz Mena, 2002)

La figura 1, ilustra las tres etapas de la respiración humana.



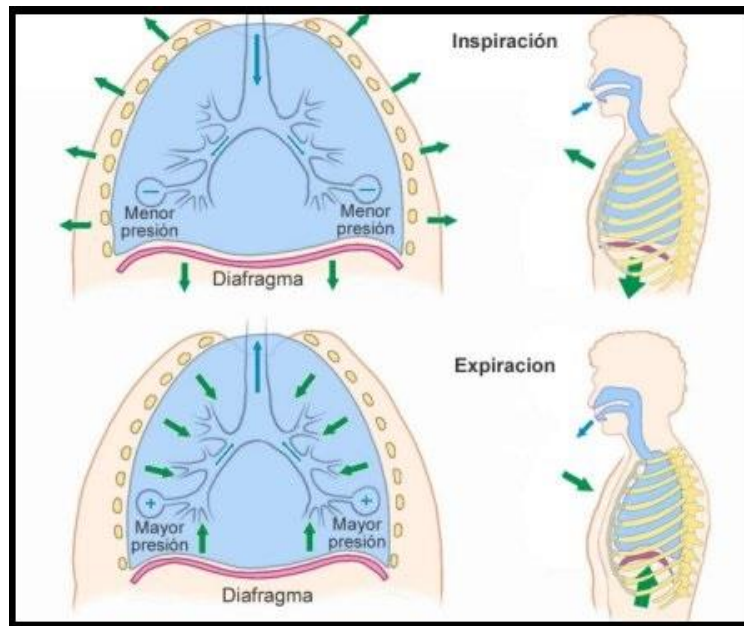


Figura 1. Etapas de la respiración Humana.

1.2.3.1. Inspiración.

En ella los músculos intercostales externos se contraen y suben las costillas y el esternón, y el diafragma desciende. Todo ello aumenta la capacidad de la caja torácica, provocando que los pulmones se dilaten y entre aire rico en O₂. (A. Jimeno, 2014)

1.2.3.2. Intercambio de gases.

El intercambio de gases es la provisión de oxígeno de los pulmones al torrente sanguíneo y la eliminación de dióxido de carbono del torrente sanguíneo a los pulmones. Esto tiene lugar en los pulmones entre los alvéolos y una red de pequeños vasos sanguíneos llamados capilares, los cuales están localizados en las paredes de los alvéolos.

Las paredes de los alvéolos en realidad comparten una membrana con los capilares en la cual el oxígeno y el dióxido de carbono se pueden mover libremente entre el sistema respiratorio y el torrente sanguíneo. Las moléculas de oxígeno se adhieren a los glóbulos rojos, los cuales regresan al corazón. Al mismo tiempo, las moléculas de dióxido de carbono en los alvéolos son expulsadas del cuerpo con la siguiente exhalación. (A. Jimeno, 2014)

1.2.3.3. Expiración.

En ella los músculos intercostales externos se relajan y bajan las costillas y el esternón y el diafragma asciende. Todo ello disminuye la capacidad de la caja torácica, provocando que los pulmones se contraigan y, por lo tanto, que salga aire rico en CO₂. (A. Jimeno, 2014)





1.2.4. Tipos de respiración

Existen varios tipos de respiración que son los siguientes:

- **Respiración costal superior:** El abdomen se retrae en la inspiración y se distiende durante la espiración. Requieren cierta violencia ya que la clavícula, el esternón y la espalda efectúa un movimiento ascendente, obstaculizando la flexibilidad de movimiento que necesitan los músculos y cartílagos que interviene en la fonación.
- **Respiración Intermedia:** Es la forma clásica de las mujeres más que de los hombres.
- **Respiración costo-diafragmática-abdominal o respiración baja:** A este tipo de respiración se le llama “respiración de relajación”, porque nos facilita la distensión del cuerpo. Y en ella nos basamos para alcanzar una correcta emisión vocal.

1.3. Postura Corporal

La postura corporal es inherente al ser humano, puesto que le acompaña las 24 horas del día y durante toda su vida. Kendall (1985) define la postura como “la composición de las posiciones de todas las articulaciones del cuerpo humano en todo momento”.

Casimiro (1999) comprobó que del final de primaria (12 años) al final de secundaria (16 años) se produce una involución estadísticamente significativa en la postura de los escolares, sin diferencias entre géneros, de modo que en el paso de un nivel educativo a otro, hay más escolares que llevan el material escolar colgado sobre un hombro o en una 3 mano, duermen en posición supina o prona, se sientan en clase en posición cifótica y cogen el material pesado del suelo con las piernas extendidas. Tales posiciones producen aumentos del estrés de compresión y cizalla en zonas localizadas de las estructuras articulares, facilitando su rotura con el paso del tiempo (McGill, 2002).

Como medida preventiva, la mayoría de los autores recomiendan un trabajo centrado en tres aspectos esenciales: concienciación, extensibilidad y fortalecimiento muscular. (Miñarro, 2009)

La postura no es solo una estructura estática y rígida; sino que, también puede ser un “balance” en el sentido de optimizar la relación entre el individuo y su entorno. Se entiende como “postura eficiente” a aquella que requiere el mínimo de gasto energético, sus articulaciones obtienen un mínimo de carga y tienen una correcta alineación de cada una de las cadenas cinemáticas musculares. Estas últimas, organizadas para actuar en forma motriz y coordinada, controlan y regulan los movimientos y la postura, siendo un grupo de músculos que conjuntamente funcionan como uno. Para obtener estos resultados, es necesaria tener la información de la posición del espacio, que está dada particularmente por la musculatura esquelética. Cuando ésta está poco entrenada, la información conseguida es defectuosa, provocando la adopción a posturas erróneas,





sin tener conciencia de esto. Todas las cadenas musculares de nuestro cuerpo se originan en el pie (que nos entrega información propioceptiva y exteroceptiva, estableciendo la alineación de la columna vertebral) y sus articulaciones. Por la función que cumplen estas cadenas, se pueden clasificar en dos, que son. (SAHRMANN, 2005)

1.3.1. Modelo postural correcto.

Se entiende por modelo o estándar postural correcto el equilibrio y la alineación ideal de todos los músculos, las articulaciones y los segmentos corporales en base a una serie de principios científicos y anatómicos que sirven de guía.

En posición bípeda se establece el modelo postural correcto observando a la persona desde cuatro posiciones: de frente, desde el lado izquierdo, desde el lado derecho y de espalda. Para ello se utiliza como referencia una línea de plomada, es decir, una línea vertical suspendida desde un punto fijo, que sirve para medir las posibles desviaciones.

Es necesario aproximarse lo más posible a este estándar para conseguir la máxima eficacia del cuerpo con la mínima tensión y rigidez y con un gasto energético pequeño. No se debe olvidar que las leves desviaciones del modelo ideal son fruto de la actitud postural de cada persona. (Emilio, 2013)

1.3.2.1. Postura correcta:

- Cabeza: Se debe colocar en posición recta, en equilibrio, sin que la barbilla esté demasiado alta (cabeza hacia atrás) ni demasiado baja (cabeza hacia abajo). (Emilio, 2013)
- Hombros: Deben colocarse nivelados y, en una visión lateral, ninguno debe estar ni hacia delante ni hacia atrás. Los brazos se deben dejar relajados, colgando perpendiculares al cuerpo con las palmas mirando hacia éste. Las escápulas deben permanecer planas, sin los omóplatos demasiado hacia atrás ni demasiado separados. (Emilio, 2013)
- Pecho: Se debe colocar hacia delante y hacia arriba, y se debe mantener la espalda alineada. Como referencia, la posición debe estar entre la inspiración completa y espiración forzada. (Emilio, 2013)
- Columna y pelvis: Debe respetar las cuatro curvas naturales (cuello y lumbares hacia delante y dorsales y sacro hacia atrás) y las caderas han de estar niveladas. Influyen el lado hábil, o lateralidad, de la persona. (Emilio, 2013)
- Abdomen: Lo que más influencia tiene en esta parte del cuerpo, es la edad de la persona. En edades tempranas el abdomen es prominente en los niños mayores y los adultos es más liso. (Emilio, 2013)



- Rodillas y piernas: Deben mirar hacia delante y estar rectas de arriba hacia abajo. Si las miramos de lado, no deberá estar una más adelantada que la otra. (Emilio, 2013)
- Pies: Se deben colocar paralelos, con las puntas de los dedos hacia fuera y hacia delante y deben soportar el peso por igual. (Emilio, 2013)

En la siguiente figura se observa una comparación entre una correcta e incorrecta postura.



Figura 2 Postura Corporal correcta e Incorrecta.

1.3.3. Factores que influyen en la postura.

1.3.3.1. Factores externos.

Se denominan así a los factores de tipo ambiental que influyen en el desarrollo y en el mantenimiento de la adecuada postura corporal, dentro de este grupo se pueden distinguir factores de tipo intrínseco y de tipo extrínseco:

- **Intrínsecos:** son aquellos que recibimos del exterior y que mediante un proceso interno (actitud) ajustamos y modificamos a nuestra realidad para que contribuyan positivamente en nuestra vida diaria, como, por ejemplo los conocimientos para sentarse correctamente. (Emilio, 2013)
- **Extrínsecos:** son aquéllos provenientes del exterior que se refieren a los objetos con los que el cuerpo interactúa, como, por ejemplo, las sillas, la cama, la mochila... (Emilio, 2013)



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

1.3.4. Alteraciones posturales.

Las alteraciones posturales son anomalías existentes en nuestro cuerpo que se manifiestan mediante el dolor. Se pueden distinguir dos tipos.

1.3.4.1. Trastornos o discapacidades estructurales.

Se asocian a limitaciones de movilidad, de desviaciones y de malformaciones que condicionan nuestra postura negativamente. En algunos casos incapacitan y son irreversibles, mientras que en otros precisan de terapia rehabilitadora, de ayudas técnicas o, incluso de cirugía, como, por ejemplo, la rotura de la tibia. (Emilio, 2013)

1.3.4.2. Defectos posturales.

Son actitudes o hábitos incorrectos (vicios) que adquirimos y que pueden llegar a modificar o alterar negativamente nuestra postura y, en consecuencia, nuestra salud. (Emilio, 2013)

En cada etapa aparecen unos defectos características, por ejemplo, en la adolescencia, los debidos al nuevo esquema corporal. En muchos casos pueden ser corregidos y prevenidos.

Los defectos posturales se manifiestan en su mayoría en la columna vertebral y llegan a producir la deformidad de la misma. Los más característicos en el ser humano son tres actitudes; soncifóticas, lordóticas y escolióticas las cuales se podrán apreciar en la figuras 3,4 y 5.

- **Cifosis:** Consiste en un arqueamiento de la curva dorsal que apunta hacia atrás, lo que conlleva una postura conocida comúnmente como joroba. (Emilio, 2013)

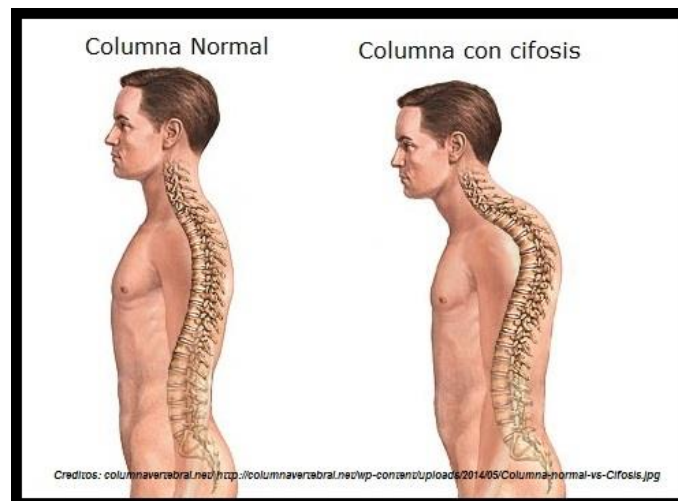


Figura 3. Columna con Cifosis



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

- **Lordosis:** Es un incremento de la curva posterior de la columna cervical y lumbar, lo que crea la apariencia de estar inclinado hacia atrás. (Emilio, 2013)

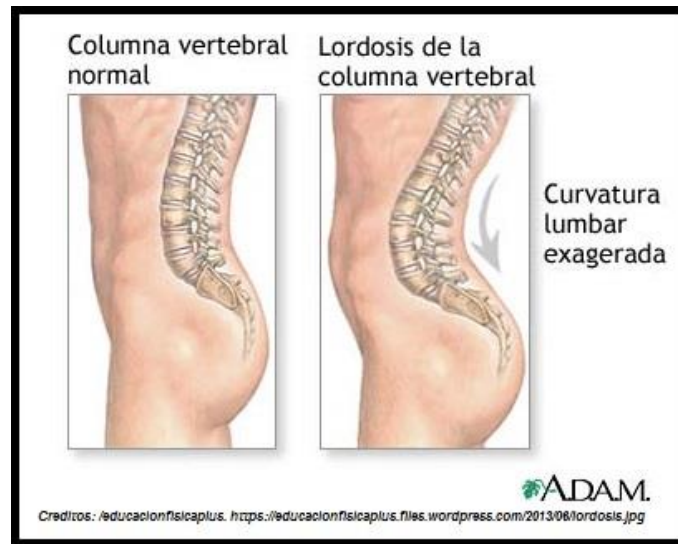


Figura 4. Columna con Lordosis.

- **Escoliosis:** La escoliosis nos dice que es una deformidad de la columna vertebral en tres dimensiones, en donde en el plano coronal excede de 10 grados y el desplazamiento lateral del cuerpo vertebral cruza la línea media y regularmente se acompaña de algún grado de rotación. De acuerdo a esta definición, tenemos que aclarar algunos puntos. En primer lugar, la escoliosis no es un diagnóstico, ni una enfermedad en sí: es la descripción de una alteración estructural y, cuando mucho, se puede tomar como un signo, es decir, una manifestación objetiva, que podemos medir clínica y radiológicamente en la persona que la presenta. (Craig., 2002)

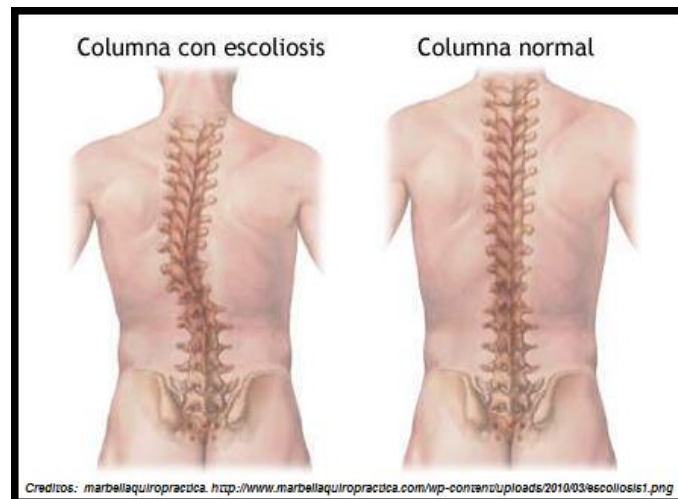


Figura 5. Columna con Escoliosis.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

1.3.5. Modelo estándar de alineamiento postural

La columna presenta una serie de curvas normales y los huesos de las extremidades se encuentran alineados, de forma que el peso se reparta adecuadamente. La posición neutral de la pelvis provoca un alineamiento correcto del abdomen y del tronco. La cabeza se encuentra erguida en una posición de equilibrio que minimiza la tensión de la musculatura cervical. (Aedo, 2012), a continuación en la figura 6 se observara las tres visiones del cuerpo.

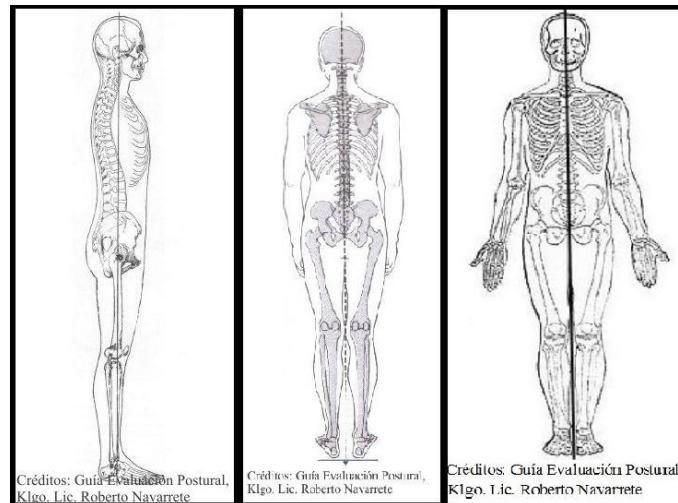


Figura 6. Vista Lateral, Posterior y Frontal del cuerpo humano.

1.3.5.1. Visión lateral del cuerpo.

El punto de referencia fijo se localiza ligeramente por delante del maléolo externo y representa el punto base del plano medio coronal del cuerpo en un alineamiento ideal. (Aedo, 2012) , como se puede observar en la anterior figura 6.

Los puntos que coinciden con la línea de referencia en el alineamiento ideal, en una vista lateral son:

- Por delante del maléolo externo
- Por delante del eje de la articulación de la rodilla
- Por detrás del eje de la articulación de la cadera
- Por los cuerpos de las vértebras lumbares
- Por la articulación del hombro
- Por el cuerpo de la mayoría de las vértebras cervicales
- Por el meato auditivo externo
- Por detrás del vértice de la sutura coronal





1.3.5.2. Visión posterior del cuerpo

La línea de referencia pasa por todo el centro del cuerpo. Ambas partes deben ser simétricas, por lo que deberían soportar la misma cantidad de peso. (Aedo, 2012), esto se puede observar en la anterior figura 6.

- Las escápulas deben estar horizontales.
- Si presionamos con un dedo o marcamos con lápiz demográfico la parte que se toca de las vértebras, la línea que las une debe ser vertical.
- Los glúteos deben ser horizontales y estar a la misma altura.
- Los tobillos deben estar juntos.

1.3.5.3. Vista anterior del cuerpo.

En una vista anterior del cuerpo la línea pasa por el centro del cuerpo dividiéndolo en dos hemi-cuerpo, como se puede observar en la anterior figura 6. (Aedo, 2012)

- Ambas clavículas deben estar en forma horizontal
- Las manos deben estar paralelas
- Ambos triángulos de la talla deben ser iguales
- Las crestas iliacas deben estar a la misma altura
- La parte superior del fémur debe ser horizontal
- Ambas rótulas deben estar a la misma altura
- Los maléolos internos deben estar juntos

1.4. Antropometría

La antropometría proviene del griego antropos (humano) y métricos (medida), es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano y estudia las dimensiones considerando como referencia las estructuras anatómicas, esto es, que nos ayuda a describir las características físicas de una persona o grupo de personas, y sirve de herramienta a la ergonomía con la finalidad de adaptar el entorno a las personas. (Garavito, 2011)

1.4.2. La localización de los puntos antropométricos básicos.

Hay que tener en cuenta que casi todas las medidas se realizan con el sujeto en la posición antropométrica de referencia. En ella, el sujeto se encuentra de pie, con la cabeza y ojos dirigidos al infinito y las extremidades superiores relajadas a lo largo del cuerpo y dedos extendidos. Las palmas de las manos estarán orientadas hacia el cuerpo (en pronación),



mientras que en la posición anatómica de referencia están en supinación. El peso del cuerpo deberá estar apoyado por igual en ambas piernas, mientras que los pies se colocan con los talones juntos y formando un ángulo de 45° entre sí. (Sillero, 2005)

El cuerpo puede dividirse a través de varios planos, siendo los tres planos “standards” o típicos, y tres ejes como se puede observar en la figura 7:

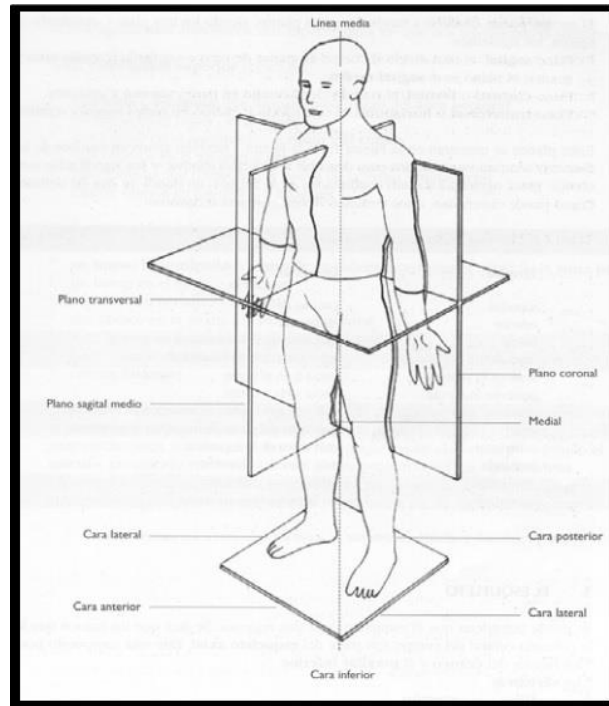


Figura 7. Planos antropométricos (Kevin Norton & Tim Olds, 1996)

- Plano **sagital**, el cual divide al cuerpo en partes derecha e izquierda (cuando éstas son iguales, el plano es el **sagital medio**). (Kevin Norton & Tim Olds, 1996)
- Plano **coronal** o **frontal**, el cual divide al cuerpo en partes anterior y posterior.
- Plano **transversal** u **horizontal**, el cual divide al cuerpo en partes superior e inferior.
- El eje lateral, transversal u horizontal. También conocido como eje “X”.
- El eje longitudinal, vertical, cráneo-caudal, o eje “Y”.
- Sagital, ventro-dorsal, antero-posterior, o eje “Z”.

Se entiende por “proximal” la parte más cercana al tronco y por “distal” la más alejada. Para realizar una buena localización de los puntos antropométricos se deberán seguir los siguientes pasos: (Sillero, 2005)

- 1) Localización. Se buscará el punto siguiendo las estructuras óseas con la yema del dedo.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



- 2) Relocalización. Tras dejar de hacer presión sobre la piel, volveremos a localizar el punto, pero utilizando la uña del otro dedo.
- 3) Marcado con lápiz dermatográfico.
- 4) Confirmación de la correcta localización. La grasa se moviliza con la presión y la piel se estira por lo que, en algunos casos, el punto puede variar cuando se deja de presionar con el dedo. (Sillero, 2005)

1.4.2.1. Puntos anatómicos de la cabeza.

- **Vértex:** Es el punto superior de la cabeza en el plano medio-sagital (Figura 8). Será el punto superior de la cabeza cuando ésta se encuentra en el Plano de Frankfort (Figura 8). Para ello, el borde inferior de la órbita (Orbitale) debe formar una línea imaginaria paralela al suelo con el punto más alto del conducto auditivo externo (Tragion). (Sillero, 2005)
- **Glabela** (Glabella). Es el punto más prominente del hueso frontal, en el plano mediosagital, entre las cejas (Figura 10). (Sillero, 2005)
- **Mentoniano** (Gnathion). Es el punto inferior del mentón en el plano medio-sagital. (Sillero, 2005)
- **Porión** (Porión). punto craneométrico situado en el punto más lateral del techo del meato auditivo externo.
- **Ganion** (Go). Se ubica en la bisectriz del ángulo formado por la tangente al borde posterior de la rama y el borde inferior de la mandíbula.
- **Sub-orbitario.** Punto más inferior del reborde orbitario.



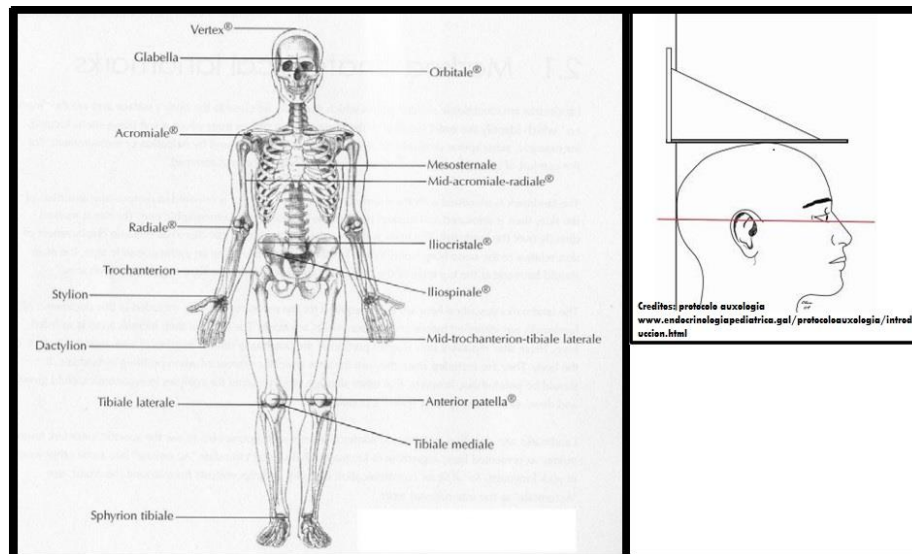


Figura 8. Puntos antropométricos óseos y plano de Frankfort. (Sillero, 2005)

1.4.2.2. Puntos anatómicos del tronco.

- **Supraesternal** (Supraesternale). Es el punto localizado en el borde superior de la escotadura supraesternal en el plano medio-sagital.
- **Mesoesternal** (Mesoesternale) *. Es el punto situado en el cuerpo del esternón a nivel de la cuarta articulación condroesternal, en la intersección de los planos medio sagital y horizontal. (Sillero, 2005)
- **Apófisis xifoides**: La apófisis (proceso) xifoides, o simplemente xifoides, es el elemento más pequeño y variable del esternón, que se encuentra en su extremo inferior.

1.4.2.3. Puntos anatómicos del miembro superior.

- ✓ **Acromial** (Acromiale): Es el punto situado en el borde superior externo del acromion (Figura 9). Para localizarlo, se debe seguir la espina de la escápula hasta su punto más externo y, posteriormente, subir hacia arriba para localizar el punto superior más externo. Su localización puede resultar difícil y llevar a confusión cuando existe un gran desarrollo del deltoides y el hombro está en antepulsión por un excesivo desarrollo del pectoral o una actitud de “escápulas aladas”. (Sillero, 2005)



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

- ✓ **Radial** (Rádiale): Es el borde más superior y lateral de la cabeza del radio (Figura 10). Para localizarlo se palpa la fosa lateral del codo y se le realiza al sujeto una pronación-supinación pasiva del codo. Notaremos que la cabeza del radio rota y el húmero permanece fijo. (Sillero, 2005)



Figura 9. Punto acromial (acromiale) (Sillero, 2005)



Figura 10. Punto radial (Radiale). (Sillero, 2005)

- ✓ **Medio estiloideo** (Mid-Stylian): Es el punto medio, en la superficie anterior (palmar) de la muñeca, sobre la línea horizontal que pasa a nivel del estiloideo.
- ✓ **Dedal** (Digital ó Dactylion): Es el punto más distal del dedo medio cuando los brazos caen a lo largo del cuerpo y los dedos están en extensión. La distancia entre el medio estiloideo y el punto dedal se utiliza para medir la longitud de la mano.
- ✓ **Metacarpiano Radial** (Metacarpale Radiale): Es el punto más lateral de la cabeza distal del segundo metacarpiano estando la mano extendida.
- ✓ **Metacarpiano Cubital** (Metacarpale Ulnare): Es el punto más medial de la cabeza distal del quinto metacarpiano estando la mano extendida. (Sillero, 2005)

1.4.3. Medidas antropométricas.

Al igual que ocurría con los puntos de referencia, veremos a continuación las medidas que el Manual de Cineantropometría (Esparza, 1993) considera como más importantes. Seguiremos señalando con negrita y un asterisco al final del nombre las que utilizaremos durante el curso. (Sillero, 2005)



1.4.3.1. Longitudes.

De las diferentes alturas se pueden extraer indirectamente varias longitudes, aunque también se pueden obtener directamente midiendo con el antropómetro, obteniéndose una medición expresada en centímetros. De ellas, podemos destacar:

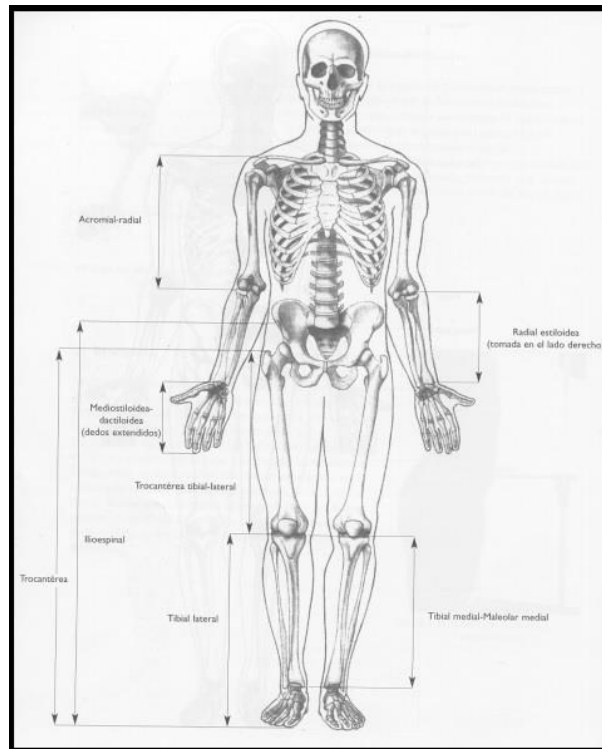


Figura 11. Longitudes (Sillero, 2005) (Kevin Norton & Tim Olds, 1996)

- ✓ **Longitud Extremidad Superior 1.** Es la distancia entre el punto acromial y el dedal. Se obtiene de la diferencia entre la altura acromial y la dedal media, aunque en la práctica, para evitar el error de las mediciones, se toma directamente con un antropómetro o una cinta antropométrica (mejor si es una cinta Lufkin). (Sillero, 2005)
- ✓ **Longitud Extremidad Superior 2.** Es la distancia entre el punto acromial y el estiloideo. Se obtiene de la diferencia entre la altura acromial y la estiloidea. (Sillero, 2005)
- ✓ **Longitud Brazo.** Es la distancia entre el punto acromial y el radial. Se obtiene de la diferencia entre la altura acromial y la radial. (Sillero, 2005)
- ✓ **Longitud Antebrazo (Rd - Et).** Es la distancia entre el punto radial y el estiloideo. Se obtiene de la diferencia entre la altura radial y la estiloidea. (Sillero, 2005)





- ✓ **Longitud Mano.** Se obtiene de la diferencia entre la altura estiloidea y la dedal. Directamente se obtiene con la distancia entre el punto medio estiloideo y el dedal medio, para ello el sujeto deberá tener la mano en supinación. (Sillero, 2005)

1.5. Visión artificial

Se puede definir la visión artificial como un campo de la “Inteligencia Artificial” que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales.

La visión artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Estos procesos son: adquisición de imágenes, procesamiento e interpretación de los resultados. (Calle, 2005)

La visión artificial es una rama de la inteligencia artificial (ver figura 18) que tiene por objetivo modelar matemáticamente los procesos de percepción visual en los seres vivos y generar programas que permitan simular estas capacidades visuales por computadora. La visión artificial permite la detección automática de la estructura y propiedades de un posible mundo dinámico en 3 dimensiones a partir una o varias imágenes bidimensionales del mundo. Las imágenes pueden ser monocromáticas o a color; pueden ser capturadas por una o varias cámaras, y cada cámara puede ser estacionaria o móvil. La estructura y propiedades del mundo tridimensional que se intentan deducir en la visión artificial incluyen no sólo propiedades geométricas (tamaños, formas, localización de objetos, etc.), sino también propiedades del material (sus colores, sus texturas, la composición, etc.) y la luminosidad u oscuridad de las superficies. (S.A.B.I.A, 2012)

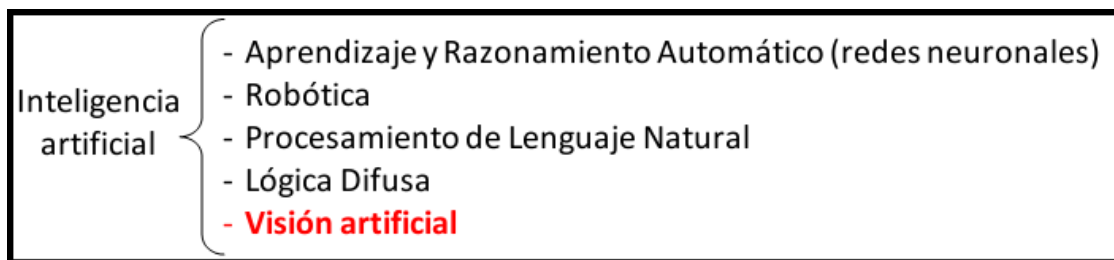


Figura 12. Ramas de la inteligencia artificial (S.A.B.I.A, 2012)

Los sistemas de percepción computacional, como también se conoce a la visión artificial, van más allá de medir o detectar, estos sistemas perciben, es decir descifran o reconocen el mensaje sensorial (ver figura 12). La información visual es una proyección bidimensional de objetos tridimensionales y, por tanto, la imagen que capta el ojo humano o una cámara digital



tiene infinitas interpretaciones posibles. La percepción es un proceso que se distribuye a lo largo del espacio y del tiempo. (S.A.B.I.A, 2012)

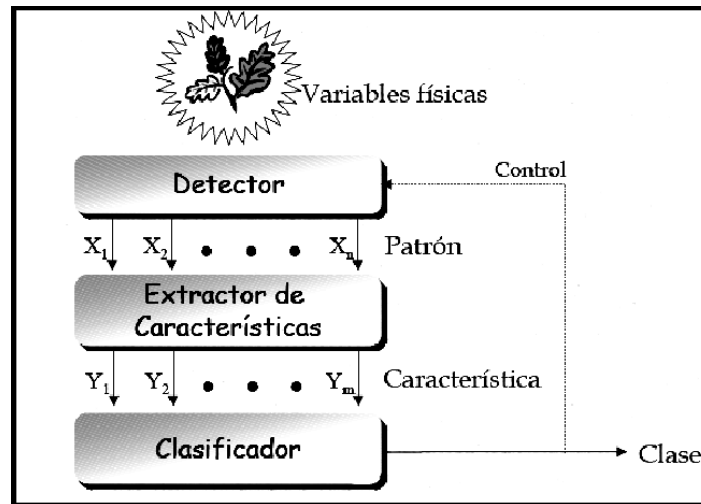


Figura 13 Fases de la visión artificial (S.A.B.I.A, 2012)

La Visión Artificial, pretende capturar la información visual del entorno físico para extraer características relevantes visuales, utilizando procedimientos automáticos. Según Marr, “Visión es un proceso que a partir de imágenes del mundo exterior produce una descripción útil para el observador y no tiene información irrelevante”. (S.A.B.I.A, 2012)

La visión artificial aplicada a la industrial abarca la informática, la óptica, la ingeniería mecánica y la automatización industrial. A diferencia de la visión artificial académica, que se centra principalmente en máquinas basadas en el procesamiento de imágenes, las aplicaciones de visión artificial industrial integran sistemas de captura de imágenes digitales, dispositivos de entrada/salida y redes de ordenador para el control de equipos destinados a la fabricación tales como brazos robóticos. Los sistemas de visión artificial se destinan a realizar inspecciones visuales que requieren alta velocidad, gran aumento, funcionamiento las 24 horas del día o la repetitividad de las medidas. (S.A.B.I.A, 2012)

El objetivo de un sistema de inspección por visión artificial suele ser comprobar la conformidad de una pieza con ciertos requisitos, tales como las dimensiones, números de serie, la presencia de componentes, etc. (S.A.B.I.A, 2012)

1.5.1. Aplicaciones de la visión artificial

- ✓ Inspección industrial y control de calidad
 - Verificación de etiquetado y códigos.
 - Inspección de soldaduras, circuitos impresos, motores.
 - Clasificación de piezas.
- ✓ Vigilancia y seguridad





- Control de accesos
- Control de abandonos
- ✓ Identificación
 - Identificación biométrica: huellas, pisadas, firmas, iris...
 - Reconocimiento de caras, de gestos
- ✓ Control de tráfico
 - Reconocimiento de matrículas, peaje por volumen, control de flujo
 - Sistemas de ayuda a la conducción
- ✓ Guiado de robots industriales, vehículos autónomos
- ✓ Análisis de imágenes por satélite
- ✓ Aplicaciones militares: detección de objetivos, guiado balístico
- ✓ Bioingeniería: ayuda al diagnóstico (Salgado, 2007)

1.5.2. Componentes de un sistema de visión artificial

Un moderno sistema de visión artificial consta de:

1.5.2.1. Sistema de iluminación.

Es un aspecto de vital importancia ya que debe de proporcionar unas condiciones de iluminación uniformes e independientes del entorno, facilitando además, si es posible, la extracción de los rasgos de interés para una determinada aplicación. (S.A.B.I.A, 2012)

Las variaciones en la iluminación son percibidas por el sistema como variaciones en los objetos. Es necesario conseguir una iluminación estable que resalte (incremente el contraste) de los elementos a detectar y evite sombras y reflejos. Intentar resolver tareas de alta precisión mediante una imagen de baja calidad es un problema que se suele intentar compensar con complejos algoritmos que ralentizan el sistema y no acaban resolviendo del todo el problema de base. (S.A.B.I.A, 2012)

Una buena iluminación es especialmente importante para la toma de imágenes de los productos en una línea rápida de producción, aunque algunas aplicaciones pueden utilizar la luz ambiente. En la Figura 14 se puede ver la iluminación de las cámaras. (S.A.B.I.A, 2012)



Figura 14. Sistema de iluminación (S.A.B.I.A, 2012)



1.5.2.2. Sensores

Existe gran diversidad de sensores a partir de los cuales se pueden obtener imágenes. Su principal clasificación es a partir de la naturaleza de la señal que conforman la imagen, dentro de ellos podemos mencionar, los sensores de Rayos X, Rayos Gamma, luz ultravioleta, infrarroja, etc. Por otra parte podemos mencionar los sensores basados en el principio del eco como es el caso de los radares y los equipos de ultrasonido. (CEETI, 2010)

La variedad de sensores utilizados en sistemas de visión artificial se ha expandido hasta dominios insospechados en este aspecto estos sistemas superan ampliamente al sistema de visión humano el cual sólo puede tomar información visual dentro del espectro visible. Sin embargo no cabe duda que los sensores más utilizados, en aplicaciones que requieran de este tipo de sistemas, son la cámaras ya sean estas fotográficas o de video. (CEETI, 2010)

Las cámaras son las encargadas de captar la información luminosa de la escena a analizar y convertirla en una señal, analógica o digital, para ser utilizada por los sistemas de procesamiento. Existen varios tipos de cámaras digitales, las cuales se dividen en función de:

- ❖ Modo de captar la información de la escena. Dentro de esta categoría se pueden mencionar las cámaras basadas en tecnología Vidicom, Orticom y CCD.
- ❖ Modo de exploración. Aquí se encuentran las cámaras de exploración de línea y área.
- ❖ Estado sólido y no sólido. (CEETI, 2010)

1.5.2.3. Análisis de Imágenes Digitales

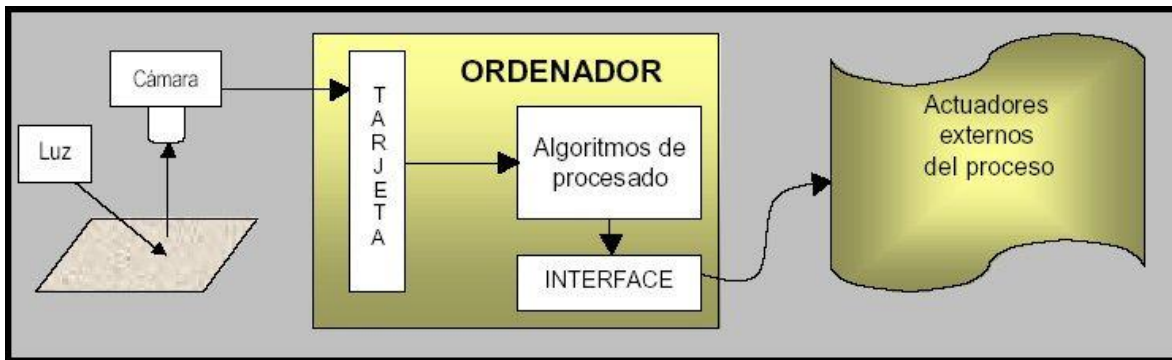


Figura 15. Elementos empleados en una aplicación de visión artificial (S.A.B.I.A, 2012)

Aunque cada aplicación de visión artificial tiene sus especificidades, se puede decir que existe un tronco común de etapas entre ellas. No necesariamente debe cubrirse todas en una implementación concreta. Hay algunas veces que sólo se tiene un subconjunto de las fases que se van a citar. Por otro lado, aunque la exposición muestra un encadenamiento temporal de una etapa sobre otra, no es real esta simplificación; se hace para facilitar la comprensión y en la puesta en práctica siempre se encuentra realimentación entre las distintas fases. (S.A.B.I.A, 2012)



Los dos pilares del sistema físico de visión artificial son: el sistema de formación de las imágenes y el sistema de procesamiento de éstas. En el primer apartado estaría constituido por el subsistema de iluminación, de captación de la imagen y de adquisición de la señal en el computador. Una vez introducida la señal en el computador, ésta es procesada mediante los algoritmos para transformarla en información de alto nivel. La cual puede ser utilizada para su representación visual, para actuar en el planificador de un robot o ser fuente de datos para un autómatas programable. En definitiva, múltiples periféricos pueden ser receptores de esta información y vincularse con el sistema de procesamiento de las imágenes. (S.A.B.I.A, 2012)

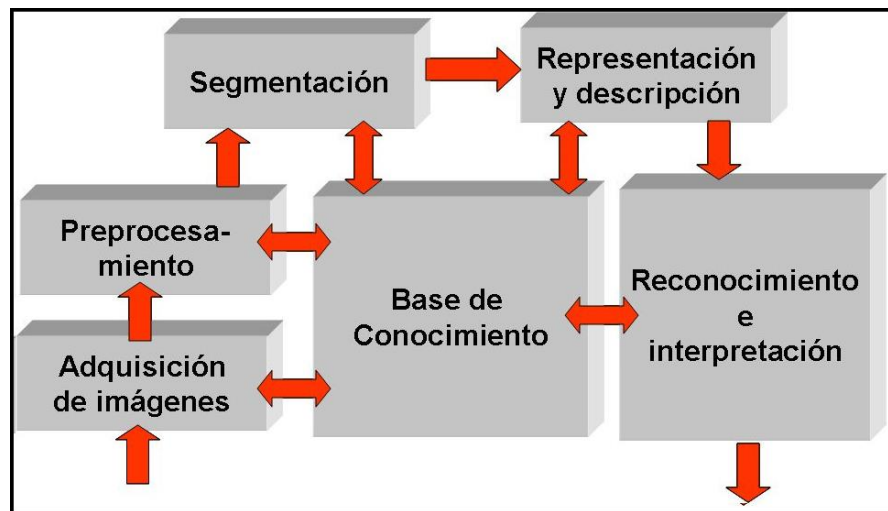


Figura 16. Etapas de una aplicación de visión artificial (S.A.B.I.A, 2012)

➤ Adquisición de la imagen

La primera etapa es la construcción del sistema de formación de las imágenes. Su objetivo es realzar, mediante técnicas fotográficas (iluminación, óptica, cámaras, filtros, pantallas,...), las características visuales de los objetos (formas, texturas, colores, sombras,...). El éxito de muchas aplicaciones depende de un buen diseño en esta primera etapa. (S.A.B.I.A, 2012)

➤ Reprocesamiento

Una vez adquirida la imagen se pasará a la etapa de pre procesado. El objetivo es mejorar la calidad informativa de la imagen adquirida. Se incluyen operaciones de mejora de la relación señal-ruido (denoising), SNR, de atenuar las imperfecciones de la adquisición debido a la función de transferencia del sistema de captación de imágenes (deconvolution), de regularizar la imagen, de mejorar el contraste o de optimizar la distribución de la intensidad (enhancement) o de realzar algunas características de la imagen, como bordes o áreas. (S.A.B.I.A, 2012)





➤ Segmentación

En esta fase se divide la imagen en áreas con significado. Se trata de decidir qué partes de la imagen necesitan interpretación o análisis y cuáles no. A menudo es posible y necesario refinar la segmentación. Por ejemplo, si la aplicación debe encontrar arañazos o grietas en un vidrio, la primera fase de segmentación suele encontrar elementos que son las propias grietas o arañazos además de suciedad y polvo. Otro ejemplo, en una imagen de satélite se determina las zonas de agua, de cultivo, urbanas, carreteras. A menudo se perfecciona este resultado para eliminar de la imagen la suciedad y el polvo de los elementos a analizar. (S.A.B.I.A, 2012)

Existen varias técnicas: umbralizaciones, discontinuidades, crecimiento de regiones, uso del color o de movimiento, etc.

➤ Representación y descripción (extracción de características)

Una vez dividida la imagen en zonas con características de más alto nivel se pasará a su extracción de las características. Básicamente son de tipo morfológico, tales como área, perímetro, excentricidad, momentos de inercia, esqueletos, pero también se puede emplear características basadas en la textura o en el color. (S.A.B.I.A, 2012)

Fíjese que se ha pasado de una información visual primaria a algo más elaborado. Con las características analizadas ahora cada región se debe de clasificar e interpretar. Por tanto, se diseñarán clasificadores que le dé a cada área segmentada una etiqueta de alto nivel, como por ejemplo, en una imagen aérea qué zonas son tierras de cultivo, áreas urbanas, etc. Existe un elenco de técnicas de clasificación, como redes neuronales, sistemas expertos, lógica difusa, clasificadores estadísticos, etc. (S.A.B.I.A, 2012)

➤ Reconocimiento e interpretación

Una vez que la imagen ha sido satisfactoriamente segmentada y han sido extraídas las características, el procesador puede hacer una serie de pruebas y mediciones en los elementos de interés que aparecen en la escena. Existen multitud de algoritmos que nos ayudan a obtener los resultados deseados. Entre ellos, cabe destacar sus funcionalidades:

- Detección de formas
- Análisis geométrico
- Comparación con patrones
- Medición de objetos
- Detección de objetos difusos

Estos algoritmos, usados estratégicamente, nos permiten decidir si una pieza se ha fabricado correctamente o no, guiar un robot hacia un objeto concreto o reajustar la maquinaria de producción automáticamente. (S.A.B.I.A, 2012)



1.6. Componentes de las imágenes.

1.6.1. Imagen digital.

La función obtenida tras el resultado de la medida o muestreos realizados a intervalos de tiempo espaciados regularmente, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero. Los valores que esta función toma en cada punto dependen del brillo que presenta en esos puntos la imagen original. (Calle, 2005)

1.6.2. Pixel.

Una imagen digital se considera como una cuadrícula. Cada elemento de esa cuadrícula se llama Píxel (Picture element). La resolución estándar de una imagen digital se puede considerar de 512x484 Pixel. (Calle, 2005)

1.6.3. Escala de Grises.

Cuando una imagen es digitalizada, la intensidad del brillo en la escena original correspondiente a cada punto es cuantificada, dando lugar a un número denominado “nivel de gris”. (Calle, 2005)

1.6.4. Imagen Binaria.

Es aquella que sólo tiene dos niveles de gris: negro y blanco. Cada píxel se convierte en negro o blanco en función del llamado nivel binario o UMBRAL. (Calle, 2005)

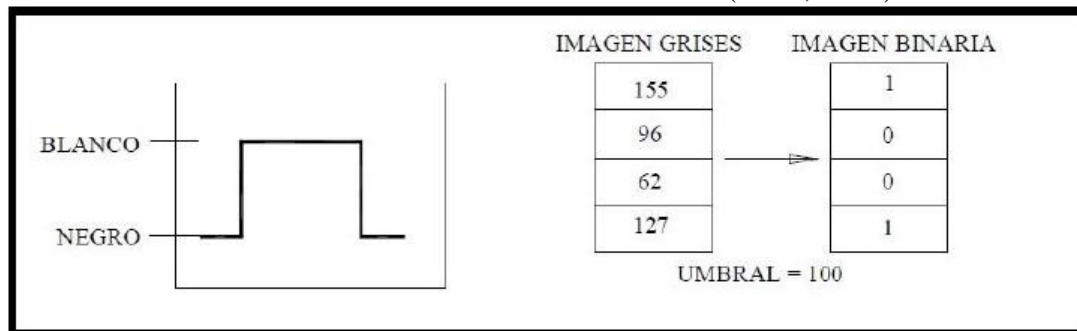


Figura 17. Nivel de Umbral (Calle, 2005)

1.7. Procesamiento Digital de Imágenes

El procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información. (Rafael González & Richard Woods & Steven Eddins, 2009)



1.7.1. Espacios de color

El uso del color en el procesamiento de imágenes está principalmente motivado por dos factores:

⇒ El color es un poderoso descriptor que, en la mayoría de los casos simplifica la identificación y extracción de los objetos de una escena.

⇒ Los humanos podemos distinguir miles de colores y sin embargo sólo dos docenas de niveles de gris

Debido a las características del ojo humano y a la teoría Trigonométricas [4], todos los colores que podemos reconocer en una imagen son una combinación de los llamados colores primarios: R (Red/Rojo), G (Green/Verde) y B (Blue/Azul). (Molinero Díez, 2010)

1.7.1.1. Modelo RGB

En el modelo RGB cada color aparece en sus componentes espectrales primarias: rojo, verde y azul. Este modelo está basado en el sistema de coordenadas cartesianas. El subespacio de color de interés es el tetraedro mostrado en la Figura 18, en el cual los valores RGB están en tres vértices; cian, magenta y amarillo se sitúan en otros tres vértices, el negro corresponde al origen y el blanco se sitúa en el vértice más alejado del origen. En este modelo, la escala de grises ese extiende desde el negro al blanco a lo largo de la diagonal que une esos dos puntos, y los colores son puntos dentro del tetraedro definidos por los vectores desde el origen. Por conveniencia, se asume que todos los vectores han sido normalizados, de modo que el tetraedro de la figura es el tetraedro unitario, es decir, todos los valores de R , G y B están en el rango $[0,1]$. Las imágenes en este modelo se forman por la combinación en diferentes proporciones de cada uno de los colores primarios RGB. (Molinero Díez, 2010)

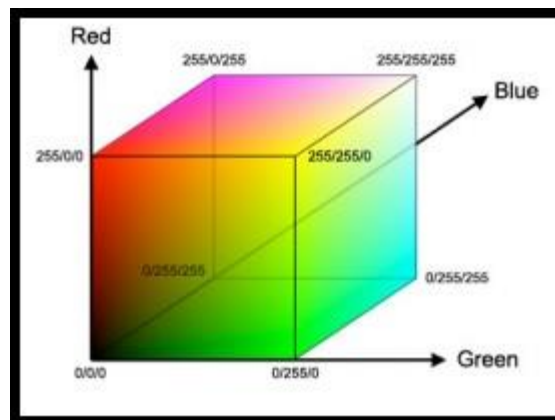


Figura 18. Modelo RGB (Molinero Díez, 2010)

Las imágenes del modelo de color RGB consisten en tres planos de imagen independientes, uno por cada color primario. Cuando llegan a un monitor RGB, estas tres imágenes se combinan en la pantalla fosforescente para producir una imagen en color compuesta. De



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



forma alternativa, la mayoría de las cámaras de color empleadas para la adquisición de imágenes digitales utilizan el formato RGB, lo que por sí solo hace de éste un modelo importante en el procesamiento de imágenes. (Molinero Díez, 2010)

En la práctica, generalmente se usa en los estudios de televisión europeos y en la compresión de imágenes.

1.7.2. Binarización

Los métodos de binarización se pueden dividir en dos tipos: Globales y locales:

- Los métodos globales tratan de encontrar un umbral el cual aplicar a toda la imagen entre estos se encuentran los métodos por umbral y Otsu. Los métodos locales obtiene el umbral para cada pixel en la imagen usando para ello los valores de sus vecinos, entre los métodos de esta categoría entran el método de Niblack y Saovola. (Bonilla, 2010)
- Los métodos locales generalmente producen un mejor resultado al binarizar la imagen incluso en situaciones donde la iluminación en el documento es variable. Sin embargo las limitaciones de procesamiento y memoria lo hacen difícil de implementar en dispositivos móviles. Si bien se pueden utilizar alternativas como los son las imágenes integrales [10] para obtener los resultados de la binarización local y una rápida ejecución esto requiere memoria, además de que los grandes valores que se puede necesitar la imagen pueden provocar un desbordamiento de búfer. (Bonilla, 2010)

Método global.

$$I_1(f, c) = \begin{cases} 1 \leftrightarrow I(f, c) > T \\ 0 \leftrightarrow I(f, c) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

Para definir el tamaño del umbral se recurre al algoritmo iterativo:

1. Se obtiene un estimado inicial del umbral T
2. Se calcula la media de los valores debajo (m_1) y sobre (m_2) del umbral T.
3. Se calcula el nuevo umbral: $T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)$
4. Se repite el paso dos hasta que el nuevo umbral sea igual al umbral anterior.

1.7.3. Segmentación

La segmentación en el campo de la visión artificial es el proceso de dividir una imagen digital en varias partes (grupos de píxeles) u objetos. El objetivo de la segmentación es simplificar y/o cambiar la representación de una imagen en otra más significativa y más fácil de analizar. La segmentación se usa tanto para localizar objetos como para encontrar los límites de estos



dentro de una imagen. Más precisamente, la segmentación de la imagen es el proceso de asignación de una etiqueta a cada píxel de la imagen de forma que los píxeles que compartan la misma etiqueta también tendrán ciertas características visuales similares. (Bonilla, 2010)

1.7.4. Etiquetado de componentes conexas.

Es una técnica que asigna una etiqueta a cada componente conexo para obtener al final una región [12]. Básicamente el algoritmo recorre una imagen binaria de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo en busca de píxeles con valor “1” que se encuentren conectados entre sí en un rango que puede ser N8, N4 o ND y les asigna una etiqueta construyendo de esta manera regiones.

Esta técnica, a diferencia de la descomposición de árbol X-Y, no es tan susceptible a tener errores si los caracteres están rodeados o de líneas que cubran o rodeen los caracteres. Además no requiere que la imagen se encuentre alineada con respecto al eje para ser efectiva lo cual es de gran utilidad debido a que no siempre se pueden tener correctamente alienado el dispositivo móvil con la imagen como sería con un escáner de sobremesa o plano.

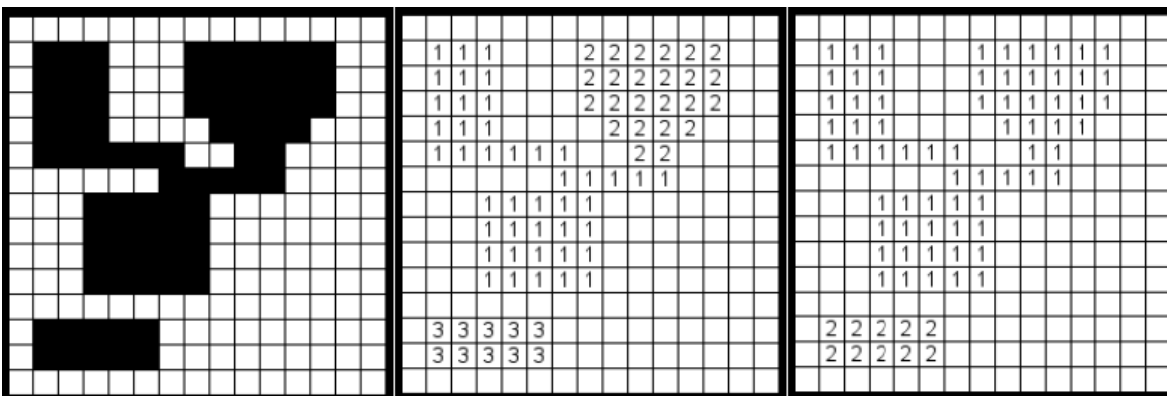


Figura 19. Imagen Binaria, Etiquetado terminado, Etiquetado después de unificar.

1.7.5. Métodos Trigonométricos

1.7.5.1. Longitud de un segmento, Distancia entre dos puntos.

Distancia entre dos puntos - esta es la longitud del segmento que conecta estos puntos. (Dóvzhik, 2014)

Dependiendo de la dimensión del problema de la distancia entre dos puntos se puede encontrar con la siguiente fórmula:

La fórmula para calcular la distancia entre dos puntos $A(x_a, y_a)$ y $B(x_b, y_b)$ en plano:

$$AB = \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2} \quad (2)$$



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

1.7.5.2. Teorema Del Coseno

El **teorema del coseno** relaciona un lado del **triángulo** con los otros dos y el ángulo que forman éstos. El teorema enuncia que:

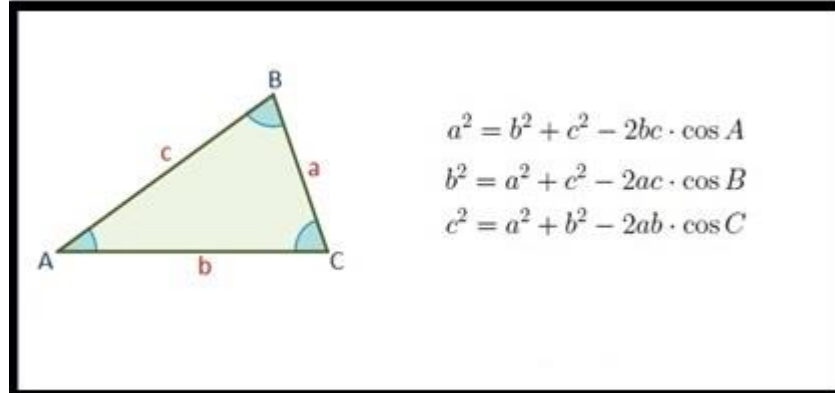


Figura 20. El teorema del coseno es una generalización del teorema de Pitágoras para cualquier triángulo. (UniversoFormulas, 2015)

Siendo a, b y c los costados y A, B y C los ángulos del triángulo

- **Cálculo de los ángulos de un triángulo sabiendo los tres lados**

Mediante el teorema del coseno se pueden calcular los lados de un triángulo sabiendo todos sus lados.

$$A = \arccos \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \quad (3)$$

$$B = \arccos \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \quad (4)$$

$$C = \arccos \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \quad (5)$$

Siendo a, b y c los costados y A, B y C los ángulos del triángulo

Los ángulos son el arco-seno de la razón entre la suma del cuadrado de los lados contiguos al ángulo menos el cuadrado del lado opuesto y el doble del producto de los lados contiguos. (UniversoFormulas, 2015)

1.8. Hardware de adquisición de imágenes.

1.8.1. El sensor Kinect

El sensor Kinect es un dispositivo lanzado en Noviembre de 2010 por Microsoft, orientado principalmente a la industria de los videojuegos, concretamente, como periférico del videoconsola Xbox 360 de Microsoft. Su principal innovación es que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tocar ningún controlador de juego físicamente, a través de una interfaz de usuario natural basada en gestos y comandos de voz.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

La apariencia de este dispositivo es la se muestra en la figura 21. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

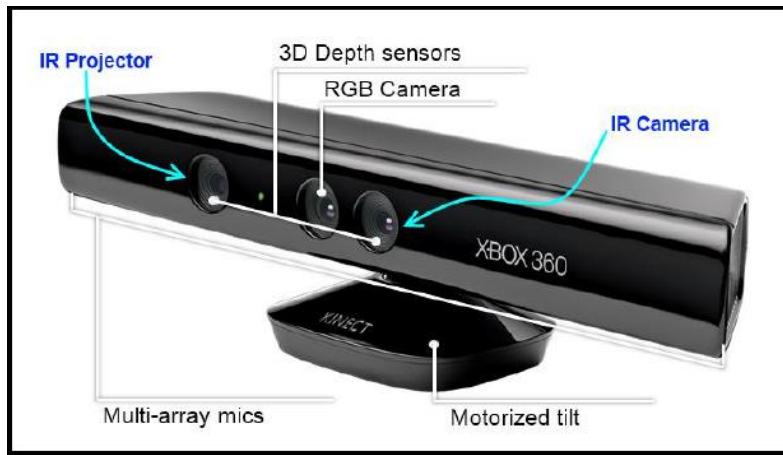


Figura 21. El sensor Kinect de Microsoft (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

Como se puede ver en la figura, son cuatro los elementos principales que componen el dispositivo: una cámara RGB en resoluciones de 640x480 (VGA) y 1280x1024 píxeles, sensor de profundidad (proyector IR + cámara IR) en resoluciones de 640x480 (VGA), 320x240 (QVGA) y 80x60 píxeles; un motor para controlar la inclinación del dispositivo y un arreglo de cuatro micrófonos distribuidos a lo largo del sensor. A continuación se describen los que resultan de interés para este proyecto. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

1.8.1.1. Cámara RGB

Dependiendo del SDK (Software Development Kit) utilizado, esta cámara es capaz de operar con dos formatos de imagen: formato RGB y formato YUV. En formato RGB, hasta treinta imágenes pueden ser generadas por segundo (30fps). Las imágenes en formato YUV sólo están disponibles en una resolución de 640x480 píxeles y a solo 15fps. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

1.8.1.2. Sensor de Profundidad

Este sensor utiliza luz estructurada infrarroja para su funcionamiento. La fuente de luz infrarroja (laser más rejilla de difracción), proyecta un patrón de puntos sobre la escena que es leído por un sensor de infrarrojos monocromático CMOS. El sensor detecta los segmentos de puntos reflejados y estima la profundidad a partir de la intensidad y la distorsión de los mismos. Microsoft, la empresa propietaria del sensor, no ha hecho ninguna publicación en relación al algoritmo empleado para estimar la profundidad. Sin embargo, varios investigadores han intentado deducirlo por medio de un proceso de ingeniería inversa. La fig.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

4 muestra un patrón de puntos claros y oscuros proyectados por el sensor Kinect. Según ROS (Robot Operating System), el algoritmo comienza calculando la profundidad de un plano de referencia a partir de los nueve puntos que aparecen muy marcados y guarda el patrón para ese plano. Posteriormente, la profundidad para cada píxel se calcula eligiendo una ventana de correlación pequeña (9x9 ó 9x7) y se compara el patrón local en ese píxel con el patrón memorizado en ese píxel y los 64 píxeles vecinos en una ventana horizontal. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

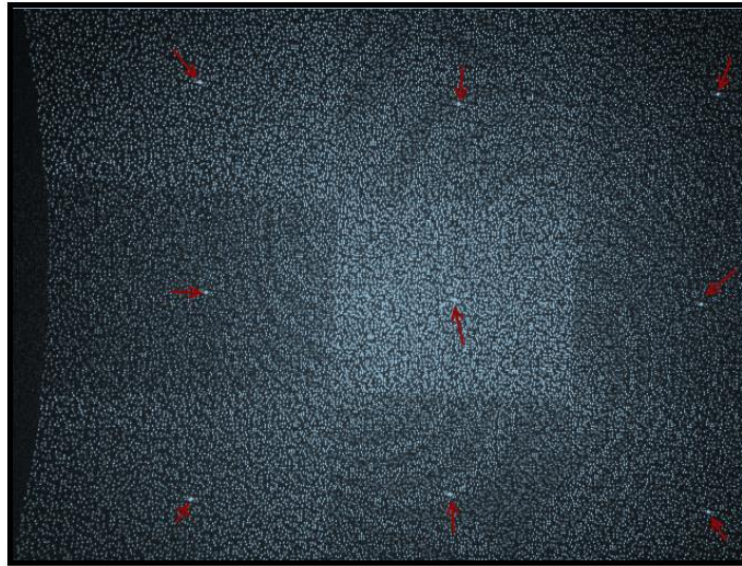


Figura 22. Patrón de puntos emitidos por el sensor Kinect (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

La mejor coincidencia da un offset (disparidad) respecto a la profundidad del plano de referencia, en términos de píxeles. Dadas la profundidad del plano memorizado y la disparidad, una profundidad estimada para cada píxel puede ser calculada por triangulación, de acuerdo a la expresión utilizada por un sistema estéreo normal. Por otro lado, la resolución en la dimensión z es de aproximadamente un centímetro, mientras que la resolución espacial (ejes x e y) es del orden de milímetros. La información de profundidad se devuelve en un mapa de píxeles con una frecuencia máxima de 30 imágenes por segundo. Cada píxel está representado por dos bytes (16 bits), cuyo valor representa teóricamente la distancia del objeto al sensor. Para un funcionamiento correcto, deben satisfacerse las siguientes condiciones teóricas:

- Máxima (mínima) distancia del objeto al sensor: 3.5 (1.2) metros.
- Los objetos deben estar dentro del ángulo de visión: $\pm 43^\circ$ verticalmente y de $\pm 57^\circ$ horizontalmente.
- Relacionadas con el tipo de objeto (translucido, especular, cóncavo, etc.).
- Relacionadas con la iluminación (luz solar fuerte).





Si el valor de un píxel del mapa es cero, significa que el sensor no pudo estimar la profundidad para esa región por no cumplirse alguna de estas condiciones. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

1.8.1.3. Limitaciones

El sensor Kinect tiene varias limitaciones que hacen que la profundidad de ciertas regiones de la escena no se pueda estimar o si se estima, la fiabilidad de los datos no es aceptable. Estas limitaciones vienen condicionadas tanto por factores internos, debidos a la arquitectura del dispositivo; como externos, debidos a la naturaleza de la escena. En el primer grupo (factores internos) se tienen las siguientes limitaciones: (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

- Los puntos de luz no cubren de forma continua la superficie de los objetos, lo que conlleva a que algunos píxeles de la imagen de profundidad tienen que ser interpolados. Esto implica que el valor de profundidad de un píxel determinado tiene asociado un margen de error. Este margen es mayor cuanto más alejado está el objeto, puesto que, para una misma superficie, los puntos de luz están más separados. A mayores distancias, los valores de profundidad devueltos para objetos cercanos entre sí tienden a ser muy similares. Sin embargo, si el objeto está a demasiada distancia del sensor, no se calcula ninguna distancia para ese punto. Esto ocurre así, porque la potencia de luz del haz de infrarrojos se atenúa en el trayecto recorrido, haciendo que sea imperceptible para el sensor de infrarrojos. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)



Figura 23. Imagen de profundidad para distancias muy grandes (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

- Del problema descrito en el punto anterior se deriva también una imprecisión en los bordes de los objetos. Dado que para la estimación de la profundidad considera más



de un píxel y al estar éstos dispersos, unas veces se tomará la profundidad del objeto más cercano y otras las del más lejano.

- **Objetos cóncavos o cavidades reflectantes:** éstos pueden producir reflexiones dobles e inter-reflexiones. Es decir, un punto de luz que caiga sobre una superficie cóncava, puede rebotar en otra zona del mismo objeto (cóncavo), lo que produce un solapamiento de los puntos de luz, haciéndolos nuevamente irreconocibles para el sensor.

Las zonas cuya profundidad no pudo ser resuelta, aparecerán como zonas negras (píxeles de valor cero) en la imagen de profundidad. Aparte, como ya se mencionó anteriormente, también hay que tener en cuenta la atenuación que sufre la luz, por lo que para objetos muy lejanos, tampoco se podrá determinar su profundidad. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)

Asimismo, la inclinación de la superficie de los objetos respecto al proyector del haz de luz limita la detección de la profundidad. Si el rayo de luz es casi paralelo a la superficie no podrá incidir sobre la misma, haciendo imposible la estimación de la profundidad. En la fig. 6 se puede ver este efecto en la mesita de la esquina inferior derecha y en la superficie del suelo. (Juan E. Salvatore, 2014 Guayaquil, Ecuador.)



Figura 24. Efecto de superficie reflectante y paralela a los rayos de luz.



CAPÍTULO II

Metodología

En este capítulo se explicará paso a paso el desarrollo de la aplicación, desde la instalación del Kinect y como se obtienen los datos antropométricos del paciente.

2. Etapas del proyecto

La metodología implementada en el proyecto se realiza en tres etapas como se puede observar en la figura 25.

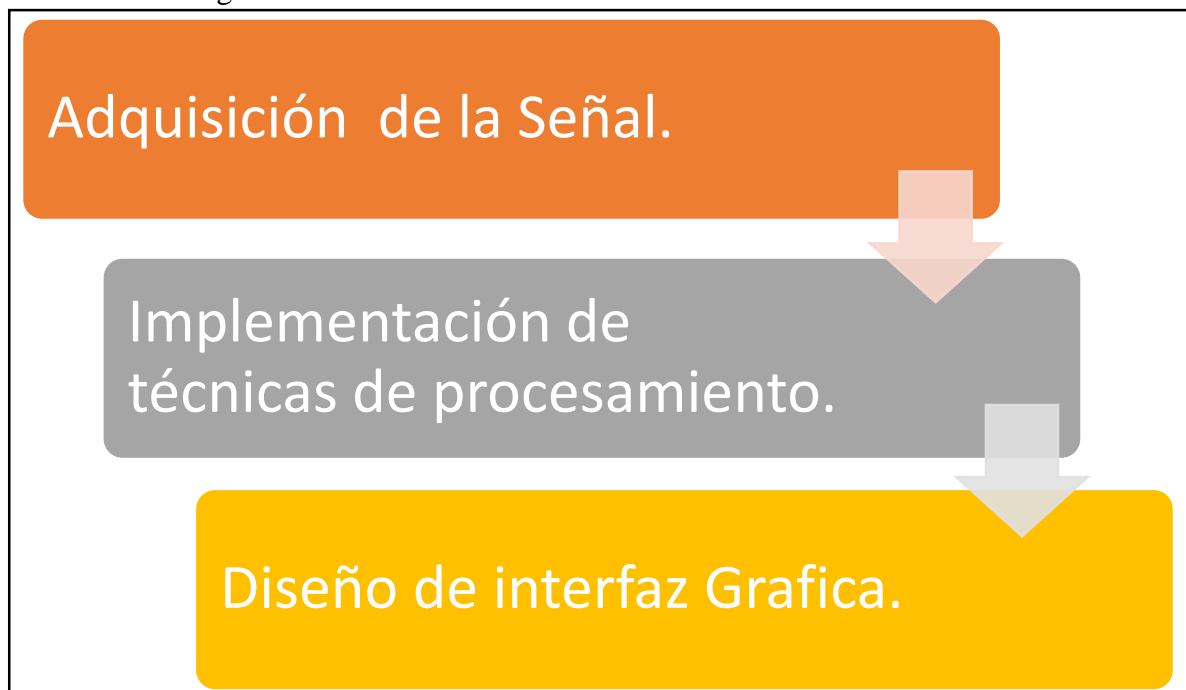


Figura 25. Diagrama de bloques de las etapas del proyecto.

A continuación se explicada cada una de las etapas.





2.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL.

2.1.1. Instalación de Kinect para Windows en MatLab

Antes de instalar Kinect Para Windows en MatLab, debe de estar instalado Microsoft Kinect Para Windows SDK, o dicho de otra manera los drivers de Kinect deben de estar instalados. Se debe contar con la versión 1.6 o mayor. (Iñarra, 2014)

Una vez instalados los drivers, lo que vamos a hacer es instalar Kinect para Windows en el Image Acquisition Toolbox (herramienta de Adquisición de imágenes). Esta toolbox servirá para:

- Interfaz entre el video, en nuestro caso Kinect y MatLab.
- Administrar propiedades de los dispositivos de hardware.
- Realizar operaciones de análisis de imagen con las imágenes que está retransmitiendo el video. (Iñarra, 2014)

Para instalar Kinect, debemos seguir los siguientes pasos:

1. Tenemos que abrir Support Package Installer (instalador de paquetes). Se puede hacer de dos formas:
 - 1.1. Escribir en MatLab `supportPackageInstaller`
 - 1.2. Abrir el instalador de esta manera `home>Resources>Add-ons>Get Hardware Support Packages` (Iñarra, 2014)

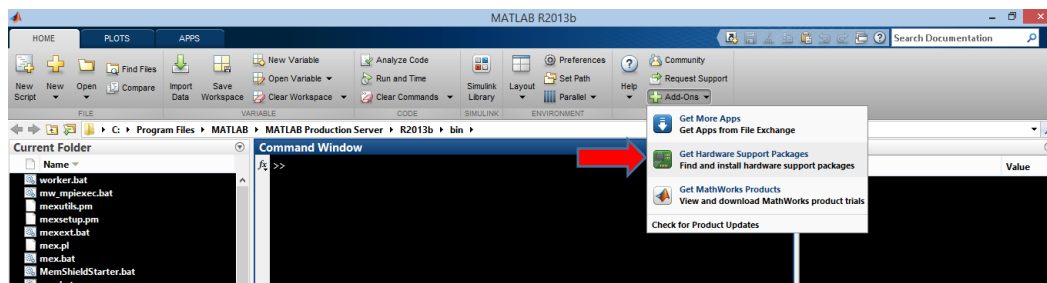


Figura 26. Localización de *Get Hardware Support Packages*.

2. En la pantalla de instalar o actualizar un paquete (install o update support package), seleccionaremos desde Internet. El paquete será descargado e instalado desde internet.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN

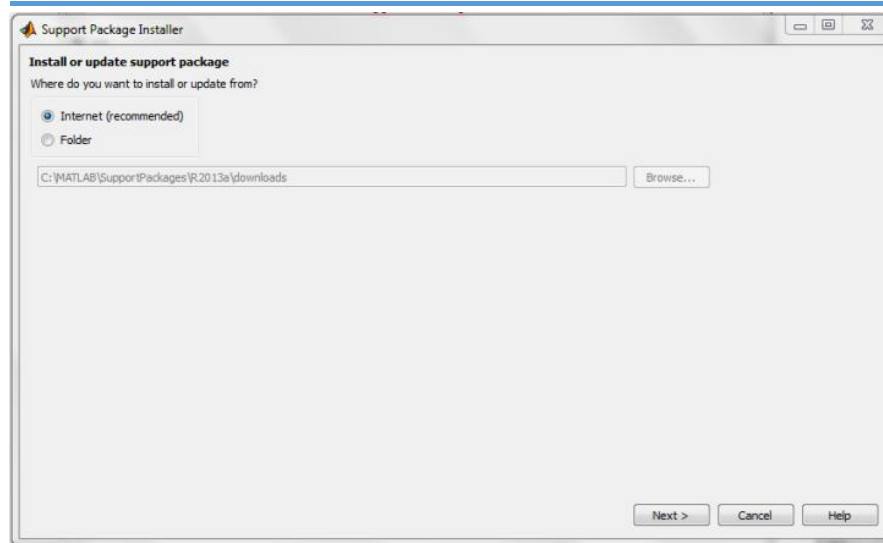


Figura 27. Inicio de instalación de Kinect en Matlab. (Iñarra, 2014)

3. A continuación seleccionaremos Kinect para Windows Runtime de la lista y se selecciona Next. (Iñarra, 2014)

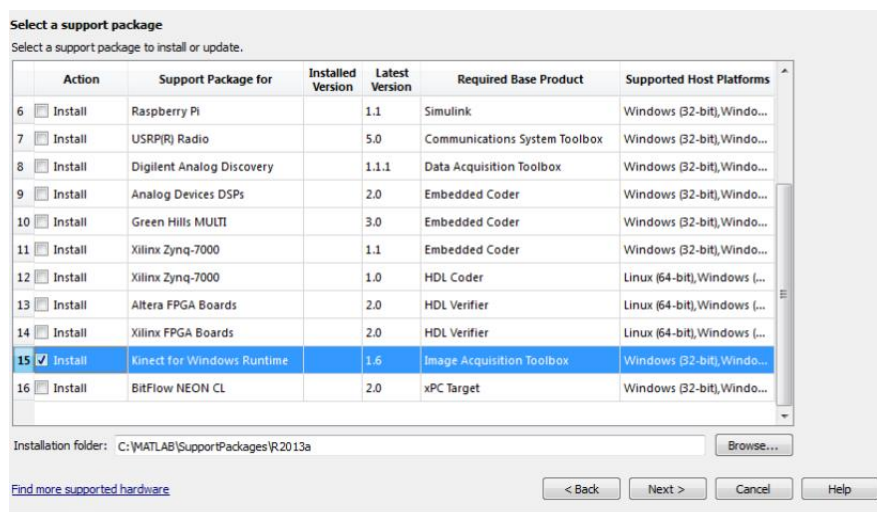


Figura 28. Elección del paquete Kinect para Windows. (Iñarra, 2014)

4. Se marca la casilla de acuerdo con la licencia de MathWorks.
5. Se muestra la pantalla la licencia de Kinect para Windows. Revisamos la licencia y hacemos click en Next.



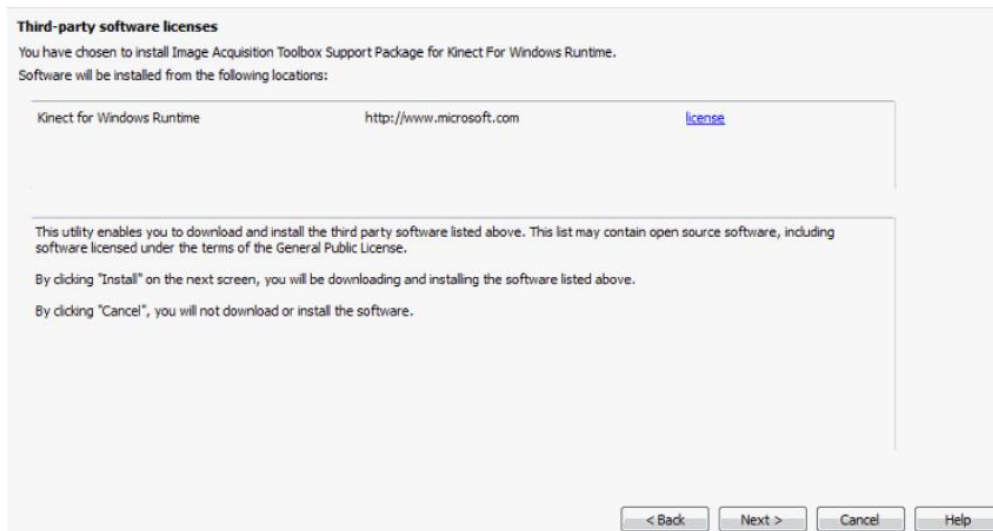


Figura 29. Revisión de licencia. (Iñarra, 2014)

6. En la pantalla de la confirmación de la instalación (Confirm Instalation), Support Package Instalación se indica el paquete que vamos a instalar y el lugar que va a ser instalado. Para confirmar la instalación hacemos click en install.
7. Mientras se observa la barra de progresión de la instalación, nos aparecerá un dialogo de acuerdo de la licencia. Seguimos las indicaciones del acuerdo de la licencia.

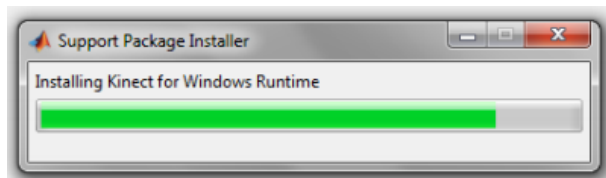


Figura 30. Instalación del paquete Kinect para Windows en MatLab 2. (Iñarra, 2014)

8. Una vez finalizada la instalación, se mostrará un mensaje de confirmación del fin de la instalación. Hacemos click en Finish para cerrar Support Package Installer.
9. Se verifica que el paquete de kinect para Windows Runtime se encuentra en la ruta mostrada anteriormente.

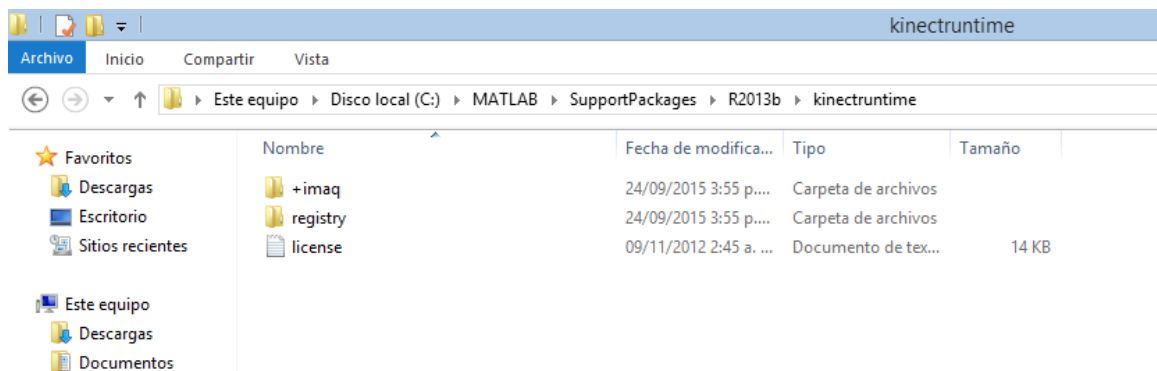


Figura 31. Confirmación de la instalación paquete Kinect para Windows en MatLab.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



2.1.2. Detectar el dispositivo Kinect en MatLab

Normalmente en Image Acquisition Toolbox, cada imagen o cámara del dispositivo tiene un DeviceID. Debido a que Kinect tiene dos cámaras separadas, la cámara RGB y la cámara de profundidad, la toolbox define dos DeviceID. Lo podemos comprobar en el siguiente ejemplo: (Iñarra, 2014)

```
Command Window
>> info = imaqhwinfo('kinect')

info =

    AdaptorDllName: [1x79 char]
    AdaptorDllVersion: '4.5 (R2013a)'
    AdaptorName: 'kinect'
    DeviceIDs: {[1] [2]}
    DeviceInfo: [1x2 struct]
```

Código 1. Información de Kinect utilizando MatLab. (Iñarra, 2014)

El kinect presenta dos DeviceID, de los cuales el DeviceID (1) es la cámara de color (RGB), mientras que DeviceID(2) es la cámara de profundidad, en la siguiente imagen podemos observar la información respectiva de cada sensor, desde la frecuencia, tipo formato de imagen y la resolución que presenta el dispositivo.

```
>> info.DeviceInfo(1)

ans =

    DefaultFormat: 'RGB_640x480'
    DeviceFileSupported: 0
    DeviceName: 'Kinect Color Sensor'
    DeviceID: 1
    VideoInputConstructor: 'videoinput('kinect', 1)'
    VideoDeviceConstructor: 'imaq.VideoDevice('kinect', 1)'
    SupportedFormats: {1x4 cell}

>> info.DeviceInfo(2)

ans =

    DefaultFormat: 'Depth_640x480'
    DeviceFileSupported: 0
    DeviceName: 'Kinect Depth Sensor'
    DeviceID: 2
    VideoInputConstructor: 'videoinput('kinect', 2)'
    VideoDeviceConstructor: 'imaq.VideoDevice('kinect', 2)'
    SupportedFormats: {'Depth_320x240' 'Depth_640x480' 'Depth_80x60'}
```

Código 2. Detección de cámaras de color y profundidad de Kinect utilizando MatLab. (Iñarra, 2014)

Como se puede apreciar, la cámara de color tiene una resolución por defecto de 640x480 en formato RGB y una frecuencia de 30 imágenes por segundo, y la cámara de profundidad tiene la misma frecuencia de imágenes y la misma cantidad de píxeles. (Iñarra, 2014)



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



2.1.2.1. Parámetros de configuración de la cámara de color

Para acceder a las propiedades específicas del dispositivo, debemos acceder a las propiedades del sensor de color de Kinect. Al ver las propiedades de la cámara de color, observamos lo siguiente:

```
>> colorVid = videoinput('kinect',1);  
src = getselectedsource(colorVid)  
  
Display Summary for Video Source Object:  
General Settings:  
Parent = [1x1 videoinput]  
Selected = on  
SourceName = Color Source  
Tag =  
Type = videosource  
Device Specific Properties:  
CameraElevationAngle = 3  
FrameRate = 30
```

Código 3. Propiedades Cámara de Color Kinect (Iñarra, 2014)

Podemos cambiar dos cosas:

CameraElevationAngle. El ángulo del dispositivo Kinect. El valor introducido debe ser un número entero y debe estar entre 27 y -27. Esta propiedad también es compartida con la cámara de profundidad. Por ejemplo: src.CameraElevationAngle = 10. (Iñarra, 2014)

FrameRate. La cantidad de imágenes por segundo. Esta es una propiedad de lectura (readonly), es decir, no se puede modificar. Los valores posibles que puede dar la cámara de color son 12, 15 y 30 (por defecto). (Iñarra, 2014)

2.1.2.2. Parámetros de configuración de la cámara de profundidad.

También podemos acceder a las propiedades del sensor de profundidad de Kinect. A continuación mostramos las propiedades de la versión R2013a.

```
>> depthVid = videoinput('kinect',2);  
src = getselectedsource(depthVid)  
  
Display Summary for Video Source Object:  
  
General Settings:                               Device Specific Properties:  
Parent = [1x1 videoinput]                       BodyPosture = Standing  
Selected = on                                    CameraElevationAngle = 3  
SourceName = Depth Source                       DepthMode = Default  
Tag =                                             FrameRate = 30  
Type = videosource                               SkeletonsToTrack = [1x0 double]  
                                                TrackingMode = Off
```

Código 4. Propiedades de la cámara de profundidad (Iñarra, 2014)

Podemos observar las siguientes propiedades, algunas de ellas relacionadas con el seguimiento del esqueleto:



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

- **Bodyposture** (postura del cuerpo): Indica si el esqueleto que sigue la cámara está de pie o sentado. Si está de pie (Standing) devuelve 20 puntos del esqueleto y si está sentado (Seated) 10 puntos.

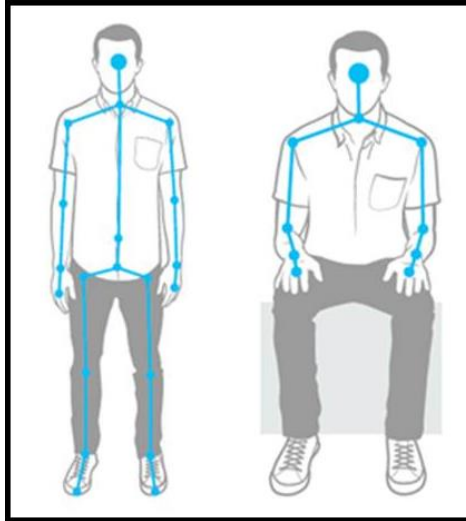


Figura 32. Modos de Bodyposture (Iñarra, 2014)

CameraElevationAngle. El ángulo del dispositivo Kinect. Esta propiedad también es compartida con la cámara de color.

- **DepthMode** (Modo de profundidad): Indica el rango de profundidad en el mapa de profundidad. Valores Default (50 cm a 400 cm) o Near (40 cm a 300 cm)
- **FrameRate**. La cantidad de imágenes por segundo. Esta es una propiedad de lectura (read-only) y su valor es fijo: 30.
- **SkeletonsToTrack**. Indica el esqueleto Tracking ID devuelto como parte de Meta-Data (explicado más adelante). Valores: [] (por defecto), [TrackingID1] sigue 1 esqueleto con tracking ID = TrackingID1 y [TrackingID1 TrackingID2] sigue dos esqueletos con tracking ID = TrackingID1 y TrackingID2.
- **TrackingMode**. Indica el estado del seguimiento. Valores: Skeleton sigue un esqueleto completo con joints (articulaciones, explicado más adelante), Position sigue la posición de la cadera solamente y Off, por defecto, deshabilita el seguimiento.

2.1.3. Captura de las imágenes.

La captura de la imagen se hace activando el video de las cámaras del Kinect de color (RGB) a una resolución 1280x960, esto con el fin de que los marcadores se pueda realizar tratamiento a mayor cantidad de píxeles, en el sensor de profundidad se realizara la captura a una resolución de 640x480 este proceso se realiza tomando una serie de fotografía en el momento que se quiera.





Para realizar el procesamiento para los cuatro planos sagitales, Frontal, posterior, sagital izquierdo, sagital derecho, las imágenes se mostraran en pantalla.

2.1.4. Ubicación del paciente

El sujeto con una postura bipedestación se situara frente al Kinect guiándose por una traza que genera el sistema, esto se hace con el fin de que el sujeto se encuentre en los rangos funcionales del sistema.

2.2. Implementación de técnicas de procesamiento.

2.2.1. Marcadores Anatómicos

Los marcadores anatómicos implementados en el proyecto son de dos tipos de tonalidades o color verde y fucsia, ya que estos colores no se confunden con la piel, esto nos permite caracterizar los marcadores de manera más eficiente, permitiendo realizar la segmentación de manera eficiente.

Los marcadores anatómicos poseen las siguientes características.

- ✓ Posee un tipo de adhesivo el cual no es nocivo para la piel del paciente.
- ✓ Rápida aplicación, fácil manejo y remoción.
- ✓ Adhesivo fuerte gelificado.
- ✓ Auto-adherible y reusable

2.2.2. Segmentación de los marcadores anatómicos.

En esta etapa necesitamos que el sistema reconozca solamente los puntos de interés en la imagen (marcadores anatómicos), por lo cual utilizamos una programación que permita diferenciar dichos puntos del resto del contenido de la imagen. En este sistema se tiene en cuenta el color y el área del marcador.

El funcionamiento es sencillo, solo preguntamos qué colores verdes y fucsias existen en la imagen; obviamente solo los marcadores anatómicos son los únicos con este color, de todos modos para evitar interferencias o ruidos utilizamos un filtrado por áreas en donde si existe un objeto del mismo color del marcador y no tiene el mismo tamaño es descartado.

Para obtener la imagen resultante, con la cual finalmente se trabajara (imagen en donde solo estén los puntos de interés, los denominados marcadores anatómicos) se procede de la siguiente manera.

2.2.2.1. Restas de espacios de color

A las imágenes capturadas se procederá a realizar una separación de los espacios de color, como las imágenes esta en formato RGB, comprendida en R(Rojo), G(Verde) y B(Azul), se



procederá a realizar la descomposición de la matriz como se puede observar en la ecuación (7), (8) y (9), esta nos permite ver las tres matrices fundamentales.

$$I_R(f, c, 1) = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1c} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{f1} & \dots & r_{fc} \end{bmatrix} = R \quad (6)$$

$$I_G(f, c, 1) = \begin{bmatrix} g_{11} & \dots & g_{1c} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{f1} & \dots & g_{fc} \end{bmatrix} = G \quad (7)$$

$$I_B(f, c, 1) = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1c} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{f1} & \dots & b_{fc} \end{bmatrix} = B \quad (8)$$

En la figura 33 se observa los espacios de color de la matriz principal capturada.

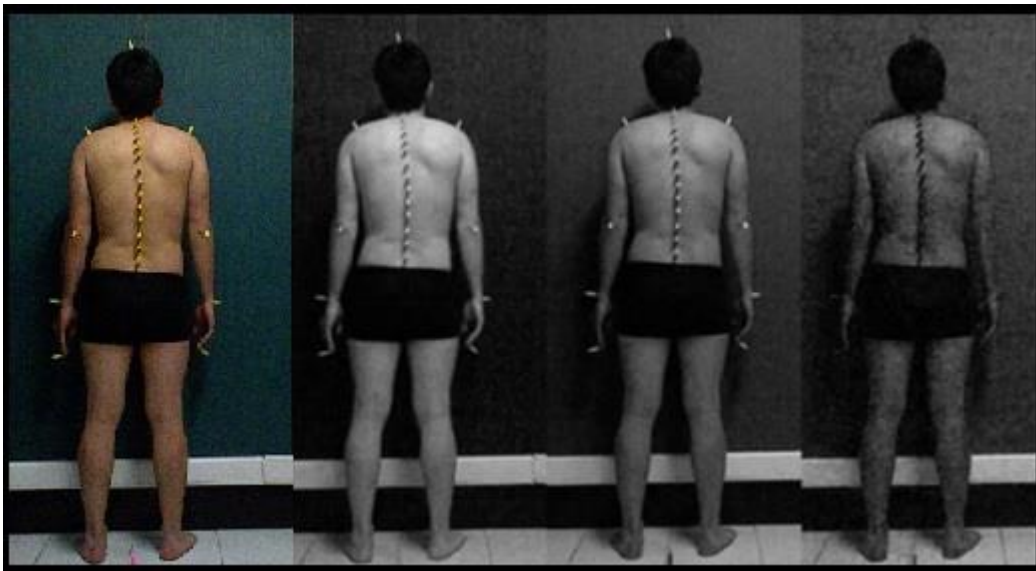


Figura 33. Imagen original y Espacios de color Rojo, Verde y Azul

Para obtener la diferencia entre los marcadores y el resto de la imagen se realiza una resta entre los espacios de color, como se puede observar en la ecuación (9) en totalidad se puede realizar 6 restas, pero en tres se denota el color con claridad, de estas tres debemos elegir la mejor en donde los marcadores se denoten con más intensidad con respecto al fondo.

$$r = R - G, \quad g = R - B, \quad b = G - B \quad (9)$$

Para este proyecto la resta que permite visualizar la diferencia de los marcadores con respecto del fondo es la $g = R - B$ como se ve en la figura 42, en esta imagen se puede ver claramente que los marcadores presentan un nivel de grises más alto que el resto de la imagen.





Figura 34. Resta de espacios de color entre R(rojo) y B(Azul).

Con este espacio de color se realizara el procesamiento.

2.2.2.2. Binarización.

Los marcadores anatómicos son la información importante, es por esto que debemos obtener una imagen o matriz resultante la cual solo deber contener los puntos (marcadores) y el resto de la imagen sea excluida.

Binarizar hace referencia a un dato digital en donde su valor es uno o es cero, en una imagen los datos están contenidos dentro de cada pixel de la imagen (el valor normal del color de un pixel varia de un espacio de color, en valores comprendido entre 0-255), en una imagen binarizada el valor del pixel es blanco-negro o uno-cero respectivamente. En nuestro caso lo que se hizo fue colocar los pixeles de los marcadores anatómicos de color blanco y el resto de la imagen en negro. (Leonardo A Oviedo, 2013)

A continuación en la figura 35 y 36 se puede observar una comparación entre la imagen original y la Binarización de los diferentes marcadores utilizados.



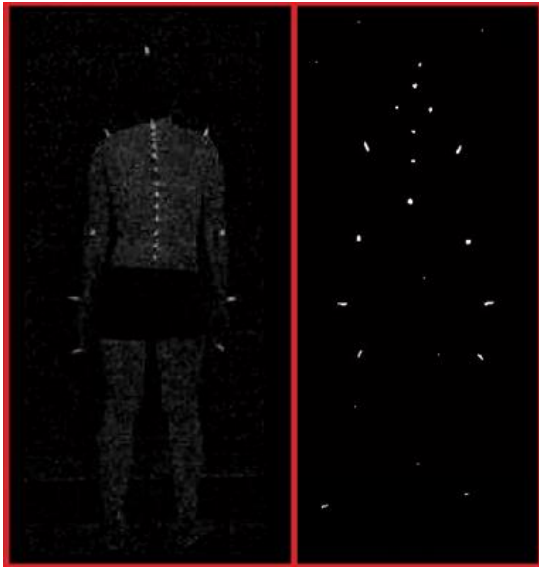


Figura 35. Imagen binarizada de los marcadores de color verde, del plano Frontal



Figura 36. Imagen de binarizada de los marcadores de color fucsia, del plano Frontal.

Este proceso se realiza para los cuatro planos sagitales, Frontal, Posterior, y sagital derecho e izquierdo, como se observa en la figura 37 de los marcadores color verde.

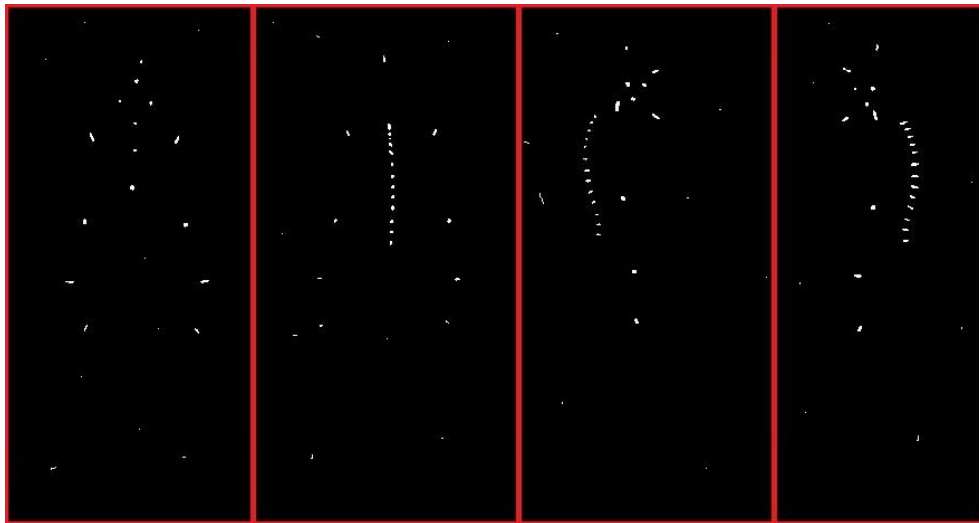


Figura 37. Binarización de los planos Frontal, Posterior, sagital Izquierdo y sagital Derecho.

2.2.2.3. Filtrado por área

La imagen binarizada presenta ruidos, es decir se encuentran objetos del mismo color de los marcadores anatómicos utilizados; como un cambio del entorno de luz, presentando una reflexión en un espacio que tenga las propiedades del color, una prenda de vestir del paciente en cuestión de color verde. Entonces consultamos las propiedades de área en píxeles de los objetos presentes en la imagen y creamos una condición en donde si el área no es la de



un marcador anatómico este objeto sea descartado, utilizando la ecuación (1), mencionada anteriormente en el marco teórico.

En la figura 38 y 39 se observa la imagen resultante después del ser aplicado el filtrado por área en los planos sagitales.

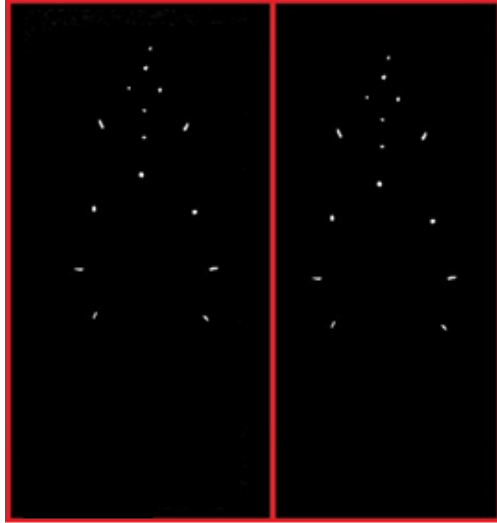


Figura 38. Filtrado por área plano Frontal marcadores verdes.

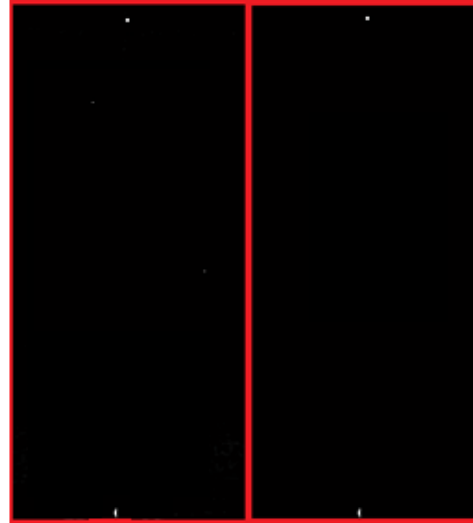


Figura 39. Filtrado por área plano Frontal marcadores fascias.

Este proceso se realiza para los cuatro planos sagitales, Frontal, Posterior, y sagital derecho e izquierdo, como se observa en la figura 40 de los marcadores color verde.

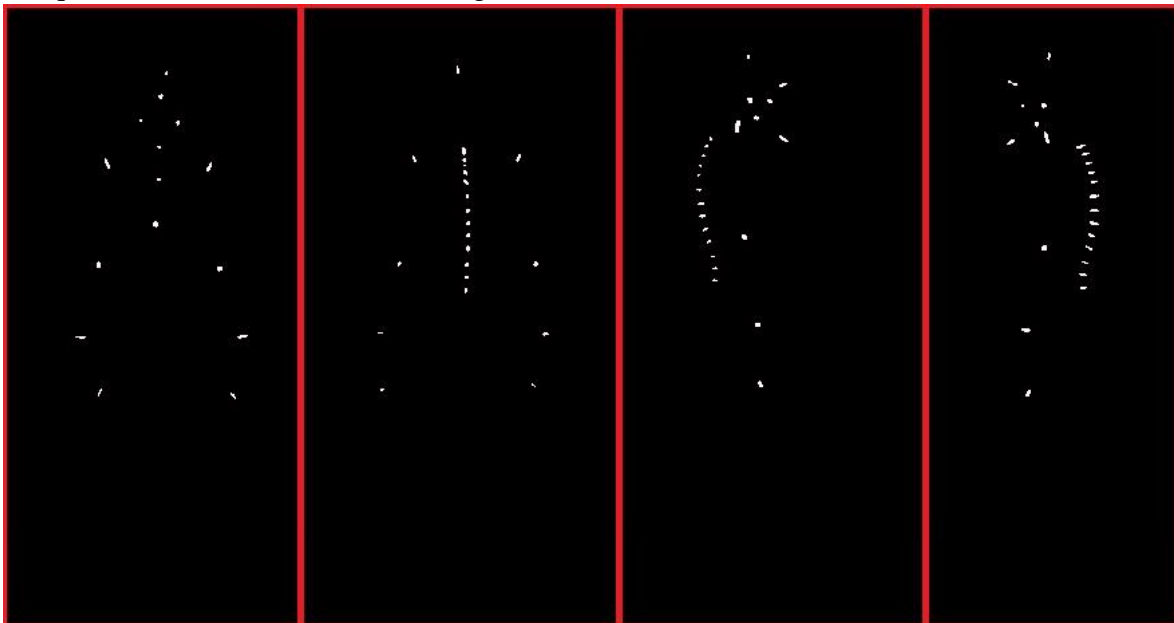


Figura 40. Filtrado por área de los planos Frontal, Posterior, sagital Izquierdo y sagital Derecho



2.2.2.4. Etiquetado de áreas.

Esta etapa me permite realizar un barrido por la imagen de color, para encontrar cada marcador y etiquetarlas ordenadamente, este proceso se realiza al fijar un área para los marcadores (11), con esto realizamos un recorriendo a la imagen, cada vez que encuentre un área menor a la de los marcadores lo suprime, es decir toma los pixeles blancos (1) y los reemplazamos por un negro (0), de esta manera eliminamos los ruidos presentes en la imagen.

$$\begin{cases} A_i < U \rightarrow O_i = 0 \\ A_i > U \rightarrow O_i = 1 \end{cases} \quad (10)$$

$A_i \rightarrow$ Area Objeto

$U \rightarrow$ Umbral

Donde $O \rightarrow$ Objetos, $i = 1,2,3 \dots N$, N es el numero de objetos,

Cada objeto encontrado se almacena en una matriz y se mantiene la cantidad de marcadores encontrados, a cada objeto se le implanta un centroide, el cual me permitirá fijar una coordenadas en los planos vertical y horizontal, en la figura 41 se puede observar la implantación de centroide en cada marcador encontrado en los planos anatómicos utilizados.

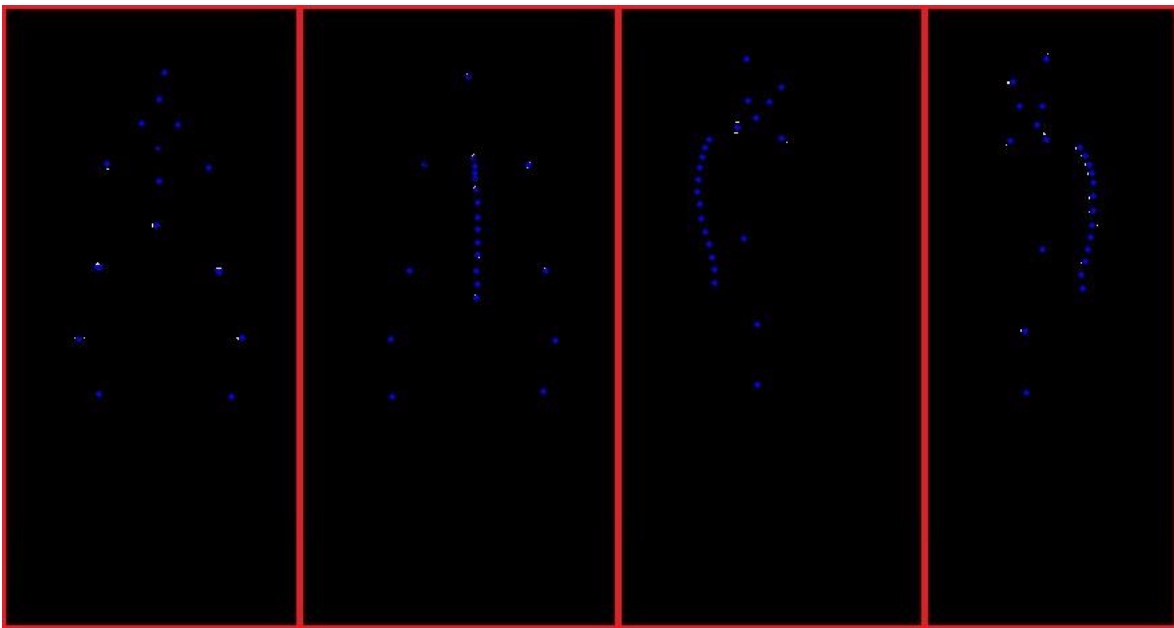


Figura 41. Centroide en los marcadores en los planos Frontal, Posterior, sagittal derecho y sagittal izquierdo.

2.2.2.5. Trazado y distancias de línea entre puntos antropométrico

Para realizar el trazo de longitudes y obtener las distancias entre puntos antropométricos, se utilizan los centroides, ya que estos presentan coordenadas en los ejes x, y. utilizamos un trazo de colores para que el usuario pueda visualizar las longitudes que se les realiza las mediciones.



- **Distancias.**

Para obtener las distancias entre los puntos antropométricos se utiliza la ecuación (3) la cual me permite calcular la distancia entre los marcadores, usando las coordenadas de los centroide.

- **Ángulos**

Para los ángulos se realiza un triángulo entre las longitudes de los puntos antropométricos y se utiliza la ecuación (4). Esto me permite caracterizar los ángulos faciales del paciente.

2.2.2.6. Coordenadas reales con Kinect

De las imágenes tomadas con la cámara RGB, podemos conocer las coordenadas “virtuales” de un punto (pixel) visible, como se muestra a continuación:

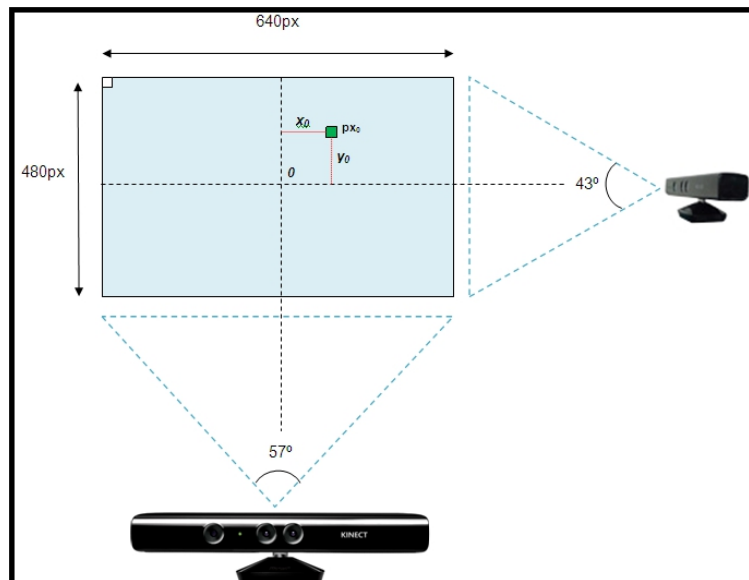


Figura 42. Coordenadas reales en el Kinect. (Gabriel, 2015)

Además de estos datos, el Kinect nos otorga información sobre la profundidad de cada pixel (depth), gracias a su cámara infrarroja. (Gabriel, 2015)

De esta manera, utilizando trigonometría, podemos calcular las coordenadas reales del punto reflejado en cada pixel.

Tomando como ejes cartesianos las rectas perpendiculares que pasan por el centro geométrico de la imagen, obtenemos las coordenadas virtuales en 2 dimensiones ($X_0; Y_0$) del plano de la imagen. (Gabriel, 2015)





Para esto, conociendo los ángulos de visión del Kinect y las medidas –en pixeles- de la imagen, podemos calcular a qué ángulo corresponde cada pixel. El ángulo de cada pixel se calcula así:

$$\frac{57^{\circ}}{\text{Ancho}} = x\text{Angle} \quad (11)$$

$$\frac{43^{\circ}}{\text{Altura}} = y\text{Angle}. \quad (12)$$

Por lo que multiplicando por X_o e Y_o respectivamente, obtenemos los ángulos en X e Y (desde el centro) del punto virtual, que coincidirá con los ángulos del punto real. Una vez obtenidos estos ángulos, y conociendo la distancia real al punto en cuestión: Depth (proporcionada por el Kinect), calculamos las coordenadas del punto real. (Gabriel, 2015)

$$Z_r = \text{Depth}$$

Estos valores se pueden obtener gracias a las razones trigonométricas que surgen de un triángulo rectángulo. En particular que:

$$\tan(\text{“ángulo”}) = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Adyacente}} \quad (13)$$

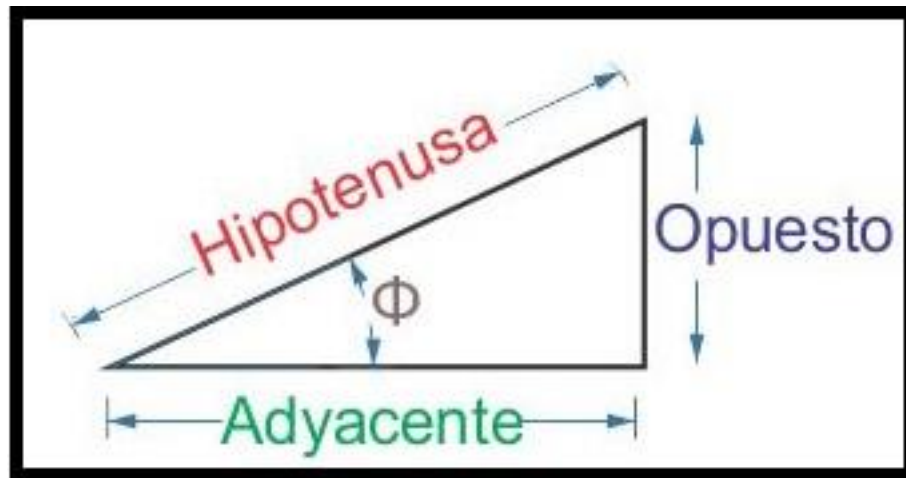


Figura 43. Triángulo rectángulo.

En nuestro caso, consideramos que la cámara (Kinect) se encuentra en el vértice correspondiente al ángulo “tita” (ángulo que ya hemos calculado), y también conocemos la distancia del lado “Adyacente” (Depth), por lo que la única incógnita por calcular es la distancia del lado “Opuesto”, que corresponderá a la distancia real de nuestro punto desde el centro de la imagen o visión de la cámara (coordenadas reales: X_r e Y_r). (Gabriel, 2015)

$$X_r = \text{Tg}(x\text{Angle}) \times \text{Depth} \quad (14)$$

$$Y_r = \text{Tg}(y\text{Angle}) \times \text{Depth} \quad (15)$$





2.2.2.7. Segmentación en planos Sagitales.

Para cada plano sagital se realizó una segmentación independiente, ya que la posición y cantidad de marcadores varían en cada plano.

Nota: como se manejan dos imágenes, color y profundidad con diferentes dimensiones, la imagen de color se tiene que reducir a las dimensiones de profundidad esto con el fin de realizar una superposición entre ellas para implantar los centroides en la imagen de profundidad y así obtener las coordenadas reales, este proceso se realiza tomando las marcaciones en la imagen de color y se transfieren las coordenadas a la de profundidad, la cual dará la distancia real entre el paciente al Kinect.

2.2.2.7.1. Plomada

Es una traza vertical que sirve de guía para ubicar al paciente, para poder caracterizar al sujeto, La plomada se traza una línea verde entre los dos marcadores fucsia que se ubican en los pies y unos centímetros más altos del sujeto.

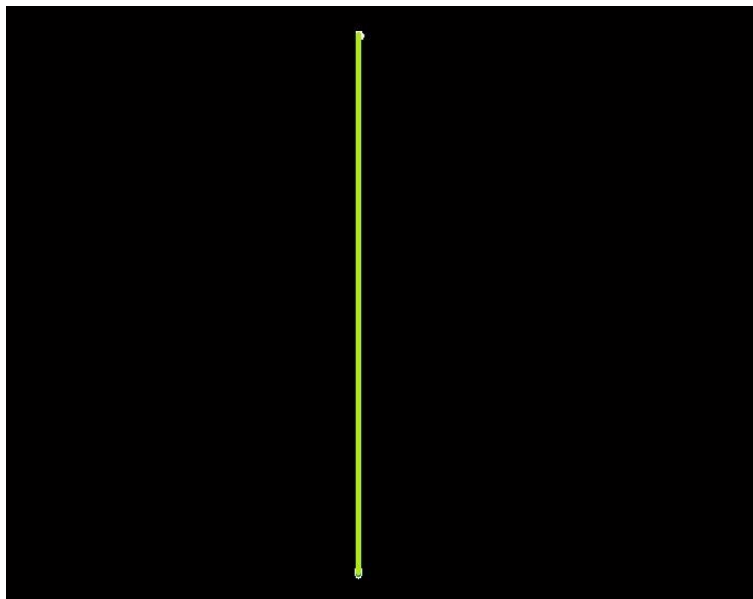


Figura 44. Plomada o línea guía para la ubicación del paciente.

2.2.2.7.2. Plano Frontal

En el plano frontal se manejan cinco marcadores ubicados en la cabeza, cuatro en cada brazo y dos en el tórax, para un total de quince marcadores verdes y dos fucsia.





- **Marcadores.**

Para la detección de los marcadores se hace un barrido de manera vertical, en donde se detectan de derecha a izquierda. Esta manera me permite caracterizar las marcaciones de los brazos y tórax, los puntos antropométricos utilizados para estas mediciones son

- Brazos
 - Acromial
 - Radial
 - Estilión
 - Dactilión
- Tórax
 - Supraesternal
 - Apófisis xifoides

- **Brazos**

Para el brazo izquierdo se toman los marcadores del uno al cuatro, en donde se dividen las longitudes en brazo (Acromial – Radial), para las longitudes del antebrazo (Radial - Estilión) y las longitudes de la mano (Estilión - Dactilión), implantamos una traza de color rojo entre las marcadores para dar una visualización de la medida, e implementamos la ecuación (3) para hallar la distancia a todas las porciones del brazo, para el brazo derecho se toman los últimos cuatro marcadores y se realiza los mismos parámetros del brazo izquierdo, en siguiente figura se observara la Binarización de los brazos.

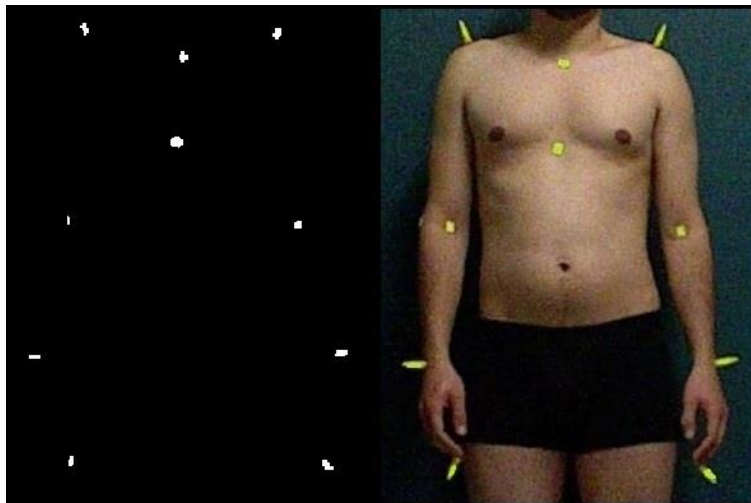


Figura 45. Binarización de los brazos, plano Frontal.

- **hombros.**

Para caracterizar los hombros se toman los dos puntos Acromial derecho e izquierdo los cuales son los marcadores cuatro y doce, de estos dos marcadores se realiza un trazo de color rojo y se obtiene la distancia utilizando la ecuación (2).



- **Tórax**

Para el tórax se hace un recorte en rectángulo y se extrae, en donde incluye dos marcadores (Supraesternal - Apófisis xifoides) en este caso se realiza un barrido de manera horizontal detectando los marcadores de superior a inferior, como se puede observar en la figura 46, en donde se puede observar el cuadro extraído de la imagen binarizada.

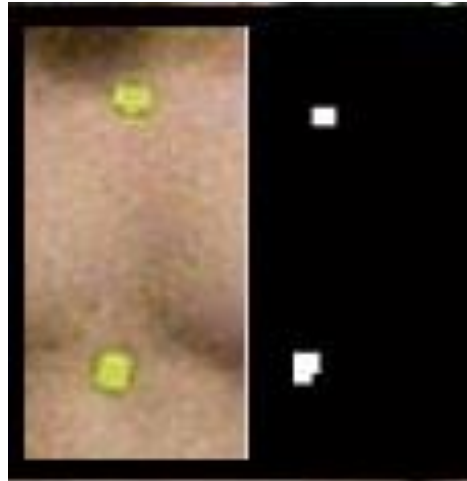


Figura 46. Segmentación recorte tórax

Las coordenadas obtenidas se regresan a la imagen original, en este proceso de regresión se presenta un desfase ya que las coordenadas implantadas en la imagen, presentan un redondeo, eliminando sus decimales.

Se realiza una visualización de las longitudes realizando una traza de color rojo entre los marcadores y se implementa la ecuación (2) para hallar la distancia.

La visualización las trazas o líneas implantadas en la imagen de color para visualizar las longitudes medias se pueden observar en la siguiente figura.



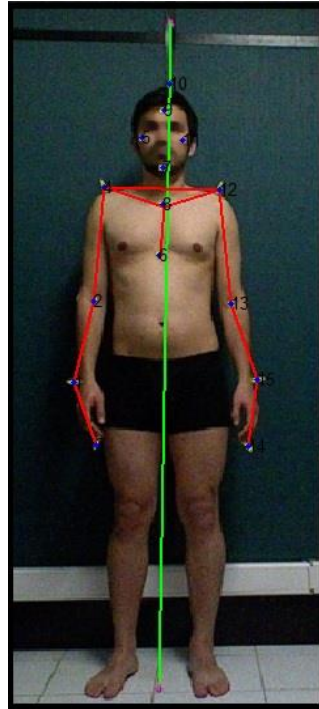


Figura 47. Plano Frontal con plomada y trazas entre puntos antropométricos.

2.2.2.7.3. Plano Posterior.

En el plano posterior se manejan un marcador ubicados en la cabeza, cuatro en las extremidades cada brazo y trece en la columna, para un total de veinte dos marcadores verdes y dos fucsias.

- **Marcadores.**

Para la detección de los marcadores e hace un barrido de manera vertical, en donde se detectan de derecha a izquierda. Esta manera me permite caracterizar las marcaciones de los brazos y la columna, los puntos utilizados para la implantación de los marcadores son los siguientes

- Cabeza
 - Vertex
- Brazos
 - Acromial
 - Radial
 - Estilión
 - Dactilión
- Columna
 - Trece Vertebras.



- **Brazos**

Para el brazo Derecho se toman los marcadores del uno al cuatro, en donde se dividen las longitudes en brazo (Acromial – Radial), para las longitudes del antebrazo (Radial - Estilión) y las longitudes de la mano (Estilión - Dactilión), implantamos una traza de color rojo entre las marcadores para dar una visualización de la medida, e implementamos la ecuación (2) para hallar la distancia a todas las porciones del brazo, para el brazo Izquierdo se toman los últimos cuatro marcadores y se realiza los mismos parámetros del brazo Derecho.

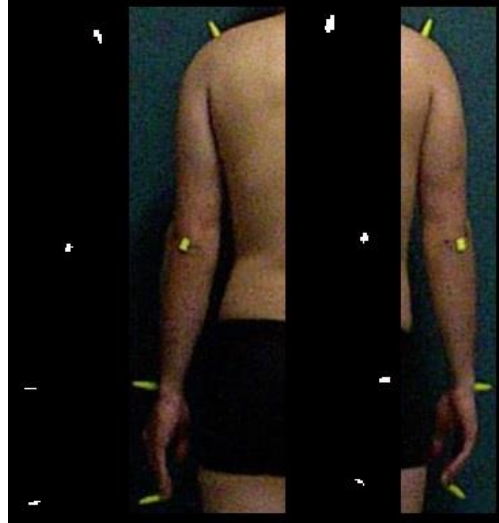


Figura 48. Binarización de los brazos, plano Posterior.

- **Columna**

Para la columna se hace un recorte en rectángulo y se extrae, en donde incluye trece marcadores, en este caso se realiza un barrido de manera horizontal detectando los marcadores de fila inicial a fila final, como se puede observar en la figura 49, en donde se puede observar el cuadro extraído de la imagen binarizada.



Figura 49. Segmentación del plano posterior de la Columna.



Para visualizar la curvatura de la columna se realiza una traza con suavizado entre los trece marcadores presentes en el recuadro. A la hora de realizar el procesamiento de la imagen extraída se reintegra a la imagen original con las coordenadas reales. Como se observa en la siguiente figura 50.

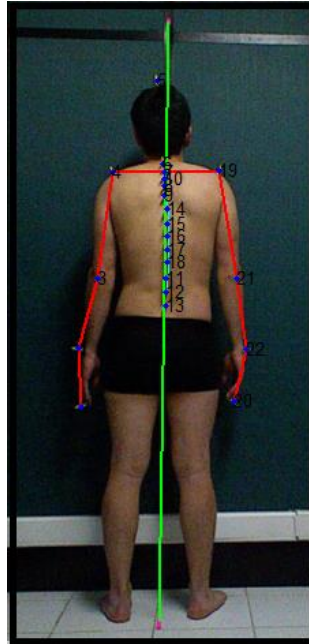


Figura 50. Plano Posterior con plomada y trazas entre puntos antropométricos.

2.2.2.7.4. Plano sagital derecho

En el plano Sagital Derecho se manejan seis marcadores ubicados en la cabeza, cuatro en el brazo y trece en la columna, para un total de veinte tres marcadores verdes y dos fucsias, cabe resaltar que el Kinect presenta una función de espejo, es decir que invierte la imagen para que se vea real a la hora de utilizar el sistema.

- **Marcadores.**

Para la detección de los marcadores se hace un barrido de manera vertical, en donde se detectan de derecha a izquierda. Esta manera me permite caracterizar las marcaciones de los brazos y la columna, los puntos utilizados para la implantación de los marcadores son los siguientes

- Cabeza
 - Vertex
 - Glabella
 - Porión





- Sub-orbitario
- Gonion
- Gnation
- Brazos
 - Acromial
 - Radial
 - Estilión
 - Dactilión
- Columna
 - Trece Vertebras

- **Cabeza**

En la extremidad superior (cabeza), se toma como guía el marcador de la vertex y se hace un recorte en forma de cuadrado, de esta manera se ordenan los marcadores con un barrido vertical, al obtener este cuadro se contiene siete puntos antropométricos los cuales nos permiten parametrizar las longitudes y ángulos faciales necesario para cubrir con las requerimientos del protocolo fonaudiológico de la respiración, las longitudes se encontrar utilizando la ecuación (2), al hallar todas las distancias entre los puntos antropométricos se continuara realizando triángulos entre ellos para aplicar así el teorema del coseno ecuación (3).

Distancias entre longitudes

Punto inicial	Punto Final
<i>Porió</i>	<i>Suborbitario</i>
<i>Porió</i>	<i>Gonion</i>
<i>Gonion</i>	<i>Gnation</i>
<i>Suborbital</i>	<i>Gnation</i>
<i>Gonion</i>	<i>Suborbital</i>
<i>Porió</i>	<i>Gnation</i>
<i>Glabela</i>	<i>Gnation</i>
<i>Glabela</i>	<i>Porió</i>

Tabla 1. Puntos para las distancias del rostro, plano Sagital Derecho



En la siguiente figura se puede observar el recuadro segmentado de la parte superior del cuerpo.



Figura 51. Segmentación de la cabeza.

- **Brazos**

Para los brazos se hace un recorte en rectángulo y se extraen, se realiza un barrido de manera horizontal de fila inicial a fila final para detectar los marcadores, para tomar la distancia de la extremidad se toman los últimos cuatro marcadores detectados, para la longitud del brazo se divide en tres longitudes; brazo (Acromial – Radial), antebrazo (Radial - Estilión) y mano (Estilión - Dactilión).

Las coordenadas obtenidas en el recorte se regresan a la imagen original, para realizar la visualización de las trazas de color.

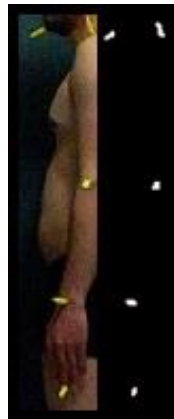


Figura 52. Segmentación del plano Sagital derecho del brazo

Para visualizar las longitudes se traza una línea de color roja y se realiza los cálculos de las longitudes con la ecuación (2), como se puede observar en la figura 52, en donde se puede observar el cuadro extraído, en la parte izquierda de la imagen se puede denotar la imagen a color y en la derecha imagen binarizada.



- **Columna**

Para la columna se hace un recorte en rectángulo y se extrae, esta zona incluye trece marcadores, en este caso se realiza un barrido de manera horizontal detectando los marcadores de fila inicial a fila final. En la figura 53, se puede observar el cuadro extraído de la imagen binarizada, este proceso se realiza para ordenar los marcadores de la columna.



Figura 53. Segmentación plano Sagital derecho de la Columna

Al obtener el ordenamiento de los marcadores se hace la regresión del recuadro a la imagen original, para su posterior visualización, se realiza una línea entre los trece marcadores.

La figura 54, muestra las líneas de colores en cada extremidad segmentada.

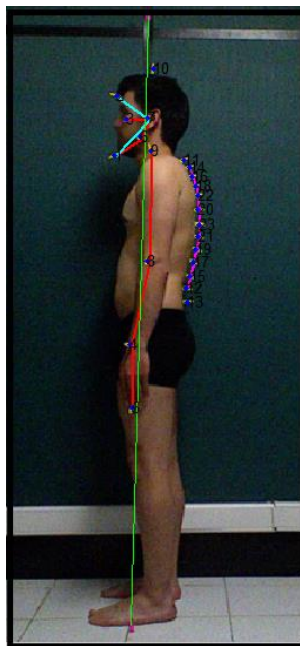


Figura 54. Plano Sagital Derecho con plomada y trazas entre puntos antropométricos.





2.2.2.7.5. Plano sagital Izquierdo.

En el plano Sagital Izquierdo se manejan seis marcadores ubicados en la cabeza, cuatro en el brazo y trece en la columna, para un total de veinte tres marcadores verdes y dos fucsias.

- **Marcadores.**

Para la detección de los marcadores se hace un barrido de manera vertical, en donde se detectan de derecha a izquierda. Esta manera me permite caracterizar las marcaciones de los brazos y la columna, los puntos utilizados para la implantación de los marcadores son los siguientes

- Cabeza
 - Vertex
 - Glabella
 - Pori6n
 - Sub-orbitario
 - Gonion
 - Gnation
- Brazos
 - Acromial
 - Radial
 - Estili6n
 - Dactili6n
- Columna
 - Trece Vertebras

- **Cabeza**

En la extremidad superior (cabeza), se toma como guía el marcador de la vertex y se hace un recorte en forma de cuadrado, de esta manera se ordenan los marcadores con un barrido vertical, al obtener este cuadro se contiene siete puntos antropométricos los cuales nos permiten parametrizar las longitudes y ángulos faciales necesario para cubrir con las requerimientos del protocolo fonaudiológico de la respiración, las longitudes se encuentran utilizando la ecuación (2), al hallar todas las distancias entre los puntos antropométricos se continuara realizando triángulos entre ellos para aplicar así el teorema del coseno ecuación (4).

Distancias entre longitudes

<i>Punto inicial</i>	<i>Punto Final</i>
<i>Pori6n</i>	<i>Suborbitario</i>
<i>Pori6n</i>	<i>Gonion</i>
<i>Gonion</i>	<i>Gnation</i>
<i>Suborbital</i>	<i>Gnation</i>
<i>Gonion</i>	<i>Suborbital</i>



Autor: Héctor Marino Fl6rez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



<i>Pori3n</i>	<i>Gnation</i>
<i>Glabela</i>	<i>Gnation</i>
<i>Glabela</i>	<i>Pori3n</i>

Tabla 2. Puntos para las distancias del rostro, plano Sagital Izquierdo.

En la siguiente figura se puede observar el recuadro segmentado de la parte superior del cuerpo, el cual se divide en la imagen a color y su respectiva binarizaci3n.



Figura 55. Segmentaci3n de la cabeza.

- **Brazos**

Para los brazos se hace un recorte en rect3ngulo y se extraen, se realiza un barrido de manera horizontal de fila inicial a fila final para detectar los marcadores, para tomar la distancia de la extremidad se toman los 3ltimos cuatro marcadores obtenidos, para la longitud del brazo se divide en tres longitudes; brazo (Acromial – Radial), antebrazo (Radial - Estili3n) y mano (Estili3n - Dactili3n).

Las coordenadas obtenidas en el recorte se regresan a la imagen original, para realizar la visualizaci3n de las trazas de color rojo.

Se puede observar en la figura 56, en donde se puede observar el cuadro extraído de la imagen a color y su respectiva binarizaci3n.



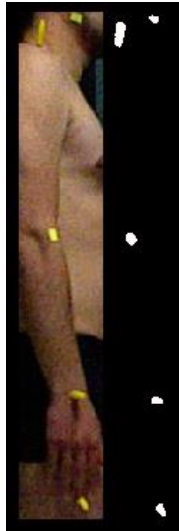


Figura 56. Segmentación plano Sagital Izquierdo de la Columna

Para visualizar las longitudes se traza una línea de color roja y se realiza los cálculos de longitudes con la ecuación (2).

- **Columna**

Para la columna se hace un recorte en rectángulo y se extrae, en donde incluye trece marcadores, en este caso se realiza un barrido de manera horizontal detectando los marcadores de fila inicial a fila final, como se puede observar en la figura 57 la imagen está dividida entre la imagen de color y su respectiva Binarización, este proceso se realiza para ordenar los marcadores de la columna.

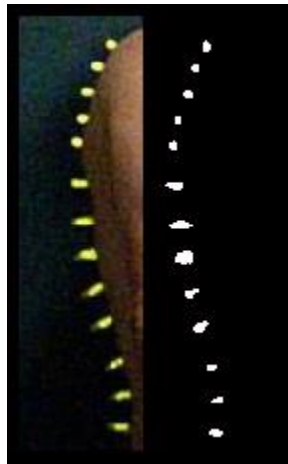


Figura 57. Segmentación plano Sagital izquierdo de la Columna

Al obtener el ordenamiento de los marcadores se hace la regresión del recuadro a la imagen original, para su posterior visualización, se realiza una traza suavizada entre los trece marcadores.





A la hora de realizar el procesamiento de la imagen extraída se reintegra a la imagen original con las coordenadas reales. Como se observa en la siguiente figura 58.

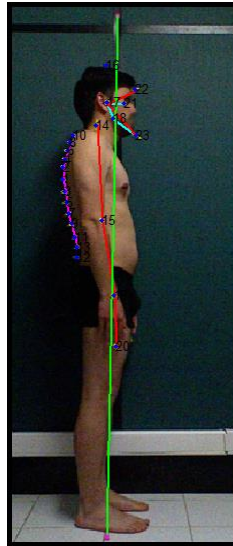


Figura 58. Plano Posterior con plomada y trazas entre puntos antropométricos.

2.3. Diseño de interfaz Gráfica.

El sistema cuenta con una interfaz gráfica basado en Guide de MatLab (Doke, 2015), esta interfaz es amena y de fácil manejo, permitiéndole al usuario que utilizara el sistema, su fácil implementación, el sistema se divide en seis Guide, uno para el menú principal, otro guide para la calibración del Kinect y detección de los marcadores corporales y cuatro para los planos sagitales, comprendidos entre frontal, posterior, sagital izquierdo y derecho, a continuación se hará un perspectiva detallada de cada guide.





2.3.1. Interfaz principal

Es la presentación del sistema, comprendida por seis botones y una barra despegable en la parte superior que incluye un inicio y ayuda; en el inicio contiene los cuatro planos sagitales y una salida del sistema, la ayuda contiene un tutorial detallado del manejo del sistema como se puede observar en la figura 59.



Figura 59. Menú del sistema.

El guide está conformado por tres zonas

- **Zona uno:** está contiene el nombre del sistema y una barra despegable la cual contiene un inicio la cual contiene los cuatro planos sagitales y la ayuda,
- **Zona dos:** contiene un recuadro el cual contiene los cuatro botones que hacen llamado a las cuatro planos que utiliza el sistema, en la parte inferior izquierdo esta la salida del sistema y la calibración.
- **Zona tres:** se encuentra el escudo del Alma máter.

2.3.2. Interfaz de calibración.

Esta interfaz es muy importante en el desarrollo del sistema ya que permite realizar la calibración del umbral y área de los marcadores para así mejorar su captura, se puede realizar un cambio en el ángulo de elevación para ajustarla al sujeto, y así tener una adquisición lo más precisa posible y tener resultados más eficientes en la toma del examen.

Este guide está conformado por tres zonas las cuales como se puede observar en la figura 60.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

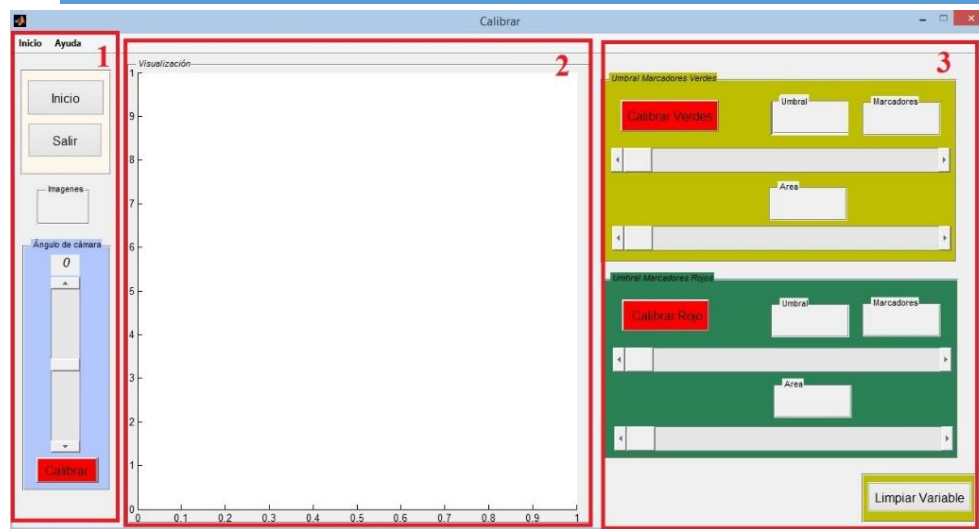


Figura 60. Calibración del sistema.

- **Zona uno:** está constituida por una barra de herramientas en la parte superior, la cual despliega un inicio y una ayuda para el sistema, tres paneles uno para los botones de inicio y salir, el segundo panel para las frames o imágenes que el sistema captura y el tercer panel se puede modificar el Angulo del Kinect desde -27° a 27° .
- **Zona dos:** en el siguiente axes se mostraran las imágenes capturadas por el Kinect.
- **Zona tres:** en esta zona se presentan dos paneles, los cuales están comprendidos en umbral para marcadores verdes y fucsia. Estos paneles están compuestos por un botón el cual activa el proceso de calibración del sistema, dos slider para controlar el umbral y el área de los marcadores y tres recuadros los cuales me permiten observar el valor del umbral el área y la cantidad de marcadores detectados. Y una opción para limpiar las variables, es decir colocar todo en un valor cero.

2.3.3. Interfaz plano frontal

Esta es una de las cuatro interfaz para el procesamiento y detección de los marcadores, en esta interfaz se realiza y se muestran los resultados del análisis antropométrico del plano frontal (ver figura 61).



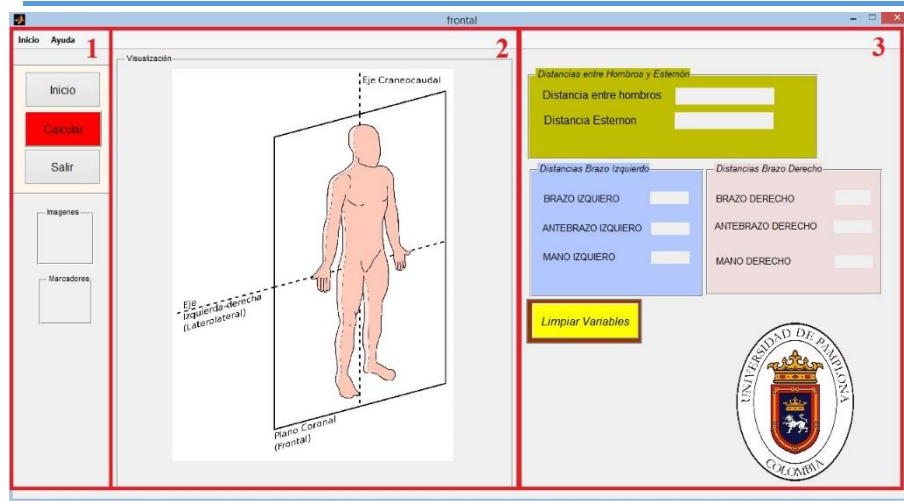


Figura 61. Interfaz Plano Frontal.

Se compone de tres zonas las cuales son:

- **Zona uno:** está comprendida por una barra de herramientas en la parte superior, la cual despliega un inicio y una ayuda para el sistema, tres paneles uno para los botones de inicio, calcular y salir, el segundo panel para las frames o imágenes que el sistema captura y el tercer para visualizar la cantidad de marcadores detectados en el paciente.
- **Zona dos:** esta es la zona de visualización de las imágenes capturadas por el kinect en la cual se puede observar el trazado de líneas sobre el paciente.
- **Zona tres:** es la zona de resultados en donde se pueden observar las mediciones del paciente en tres planos, uno para hombros, esternón y los otros dos para las extremidades de los brazos, y una opción (*Limpiar Variables*) para limpiar o reiniciar las variables calculadas.

2.3.4. Interfaz plano posterior.

En esta interfaz se realizara el análisis antropométrico del plano posterior como se puede observar en la siguiente figura (62).



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN

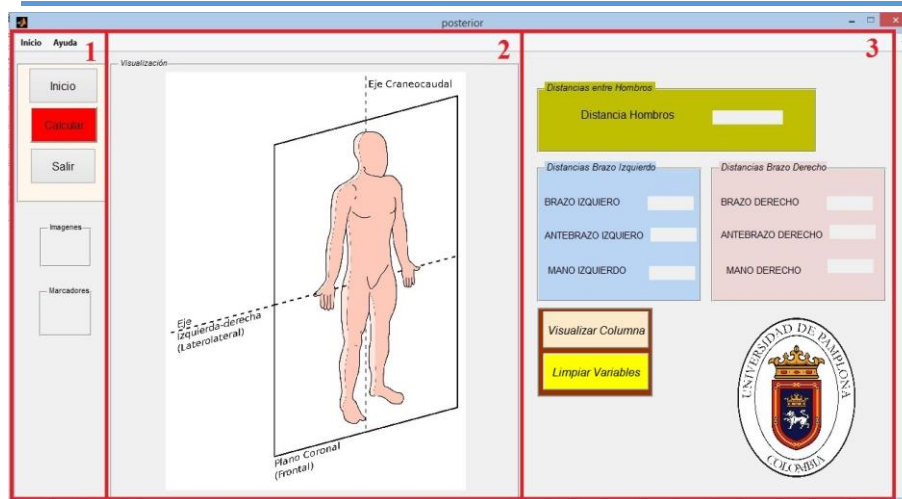


Figura 62. Interfaz Plano Posterior.

La interfaz gráfica se encuentra dividida en tres zonas, las cuales son:

- **Zona uno:** está comprendida por una barra de herramientas en la parte superior, la cual despliega un inicio y una ayuda para el sistema, tres paneles uno para los botones de inicio, calcular y salir, el segundo panel para las frames o imágenes que el sistema captura y el tercer para visualizar la cantidad de marcadores detectados en el paciente.
- **Zona dos:** esta es la zona de visualización de las imágenes capturadas por el kinect en la cual se puede observar el trazado de líneas sobre el paciente.
- **Zona tres:** es la zona de resultados en donde se pueden observar las mediciones del paciente en tres planos, uno para los hombros y los otros dos para las extremidades de los brazos, y unas opciones como *Visualizar columnas*, la cual permite analizar más de cerca las curvaturas de la columna, y otra opción como lo es (*Limpiar Variables*) para limpiar o reiniciar las variables calculadas.

2.3.5. Interfaz plano sagital derecho.

En esta interfaz se realiza el análisis antropométrico del plano Sagital Derecho. Como se puede observar en la siguiente figura 63, el experto puede ver los resultados en tiempo real y así misma realizar análisis con dichos resultados.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

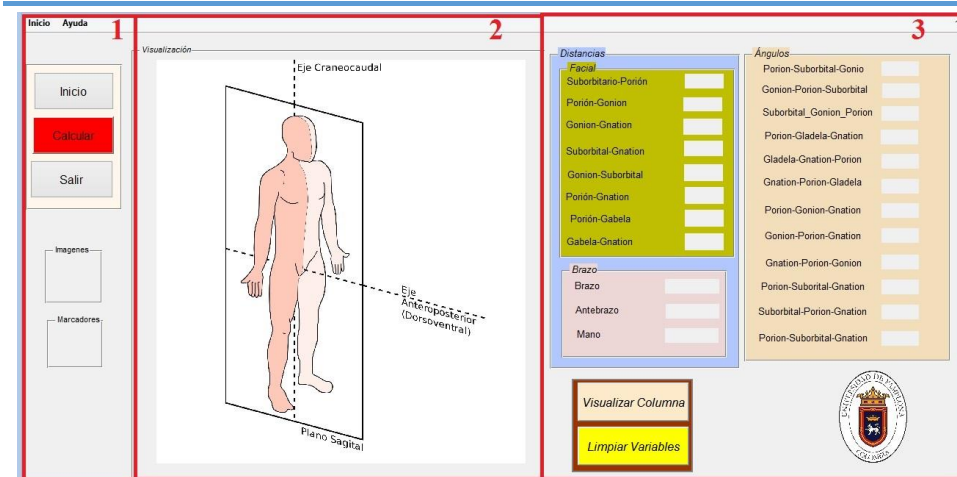


Figura 63. Interfaz Plano Sagital Derecho.

La interfaz gráfica se encuentra dividida en tres zonas, las cuales son:

- **Zona uno:** está comprendida por una barra de herramientas en la parte superior, la cual despliega un inicio y una ayuda para el sistema, tres paneles uno para los botones de inicio, calcular y salir, el segundo panel para las frames o imágenes que el sistema captura y el tercer para visualizar la cantidad de marcadores detectados en el paciente.
- **Zona dos:** esta es la zona de visualización de las imágenes capturadas por el kinect en la cual se puede observar el trazado de líneas sobre el paciente.
- **Zona tres:** es la zona de resultados en donde se pueden observar las mediciones del paciente en tres planos, uno para los hombros y los otros dos para las extremidades de los brazos, y unas opciones como *Visualizar columnas*, la cual permite analizar más de cerca las curvaturas de la columna, y otra opción como lo es (*Limpiar Variables*) para limpiar o reiniciar las variables calculadas.

2.3.6. Interfaz plano sagital izquierdo.

En esta interfaz se realiza el análisis antropométrico del plano Sagital Derecho, la figura 64, muestra la interfaz gráfica, en ella se muestran los resultados de las mediciones para el plano sagital izquierdo.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

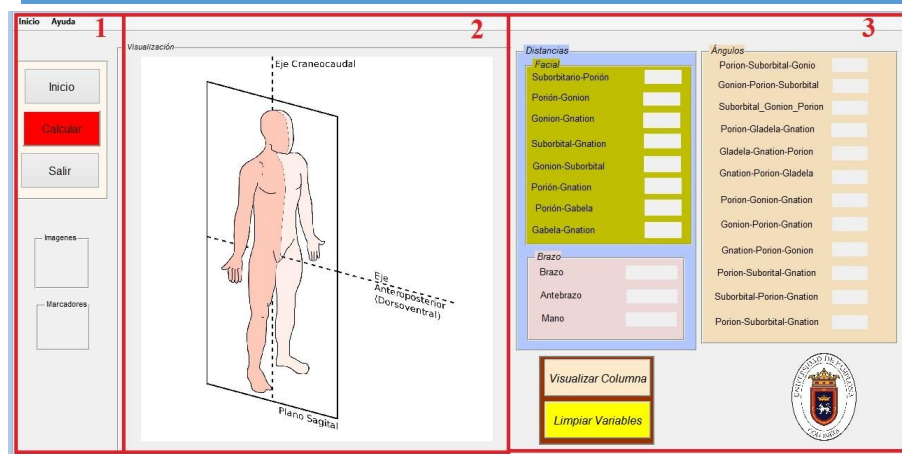


Figura 64. Interfaz Plano Sagital Izquierdo.

La interfaz gráfica se encuentra dividida en tres zonas, las cuales son:

- **Zona uno:** está comprendida por una barra de herramientas en la parte superior, la cual despliega un inicio y una ayuda para el sistema, tres paneles uno para los botones de inicio, calcular y salir, el segundo panel para las frames o imágenes que el sistema captura y el tercer para visualizar la cantidad de marcadores detectados en el paciente.
- **Zona dos:** esta es la zona de visualización de las imágenes capturadas por el kinect en la cual se puede observar el trazado de líneas sobre el paciente.
- **Zona tres:** es la zona de resultados en donde se pueden observar las mediciones del paciente, estas mediciones las podemos observar en tres planos, uno para las distancias del rostro, otro para las extremidad del brazo izquierdo y los valores de los ángulos faciales, también presenta una opción (*Limpiar Variables*) para limpiar o reiniciar las variables calculadas.



CAPÍTULO III

Resultados y Validación del sistema

3. Validación

Para la validación del sistema se realizaron mediciones a diez pacientes utilizando el sistema automático y de forma manual. La persona encargada de realizar las medidas, fue un especialista en el área del análisis de la postura, de la Universidad de Pamplona.

Para saber la efectividad del sistema se realizaron una comparación entre los cálculos manuales, versus los arrojados por el sistema, esto permite analizar y calibrar el sistema y así optimizar la métrica.

A continuación se puede observar en la siguiente figura, la implantación y toma de medidas manuales, realizadas por un especialista en esta área.



Figura 65. Implantación de Marcadores y toma de resultados por parte del especialista.

3.1. Resultados de las mediciones del sistema vs manuales del plano sagital.

Las siguientes tablas y figuras, muestran ejemplos de la interfaz de las mediciones antropométricas o simétricas tomadas de los pacientes o sujeto en los planos frontal, posterior y sagital, los datos se obtuvieron de manera manual adquiriendo las longitudes de las extremidades con una cinta métrica y luego implementando el sistema automático. Se realizó



una comparación entre ambas mediciones para obtener la diferencia porcentual entre ellas y así poder optimizar el sistema.

Cabe recalcar que los cálculos de distancias en el área facial, se realizaron entre los puntos mencionados en la tabla 1, y por medio de la aplicación del teorema del coseno, se obtienen finalmente los ángulos entre cada punto referenciado además de su respectiva distancia.

3.1.1. Paciente uno (1).

En las siguientes tablas, se pueden analizar los cálculos longitudinales obtenidos por el sistema vs las mediciones realizadas de manera manual, esto con el fin de evaluar los resultados experimentales, con los adquiridos de forma manual.

Edad: 20

Género: Masculino

✓ Plano frontal

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	31,5000	31,5441	0,1399
Esternón	12,5000	12,3356	1,3151
Izquierda			
Brazo izquierdo	31,0000	30,7785	0,7145
antebrazo	22,0000	21,6763	1,4715
Mano	16,5000	16,7034	1,2328
distancia total	69,5000	69,1582	1,1396
Derecha			
Brazo derecho	32,0000	32,9282	2,9007
Antebrazo	22,0000	21,7332	1,2128
Mano	16,0000	15,9984	0,0101
distancia total	70,0000	70,6598	0,9425

Tabla 3. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente uno.

Como se puede observar en la tabla 3, Se presenta una comparación entre ambas mediciones y su diferencia, además de su porcentaje de error (error estimado). Es de interés, notar que en las dos extremidades no supera al 2%, en la siguiente figura se puede observar en sistema en su funcionamiento.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

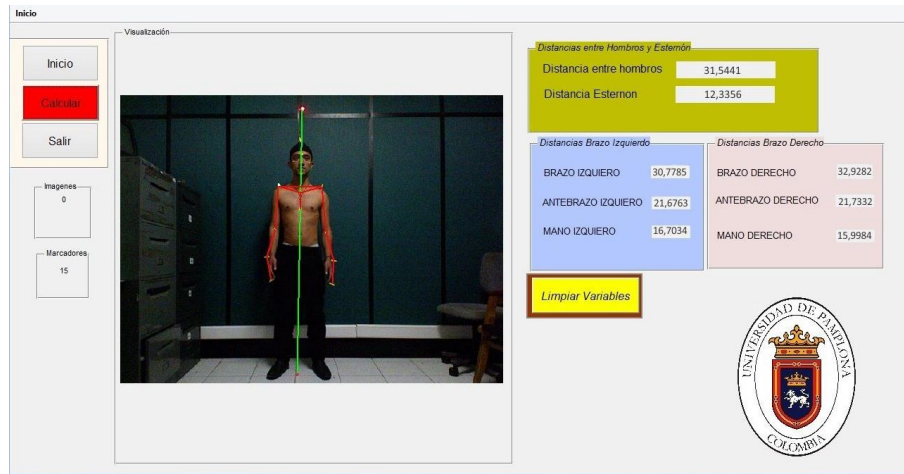


Figura 66. Implementación aplicación en plano Frontal paciente uno.

✓ **Plano posterior**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	31,0000	31,0598	0,1929
Izquierda			
Brazo izquierdo	30,0000	29,7501	0,8328
antebrazo	22,5000	22,9633	2,0593
Mano	16,0000	15,8567	0,8955
distancia total	68,5000	68,5702	0,1025
Derecha			
Brazo derecho	30,5000	30,3473	0,5006
Antebrazo	23,0000	24,6823	7,3145
Mano	16,5000	15,9307	3,4500
distancia total	70,0000	70,9604	1,3720

Tabla 4. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente uno.

La tabla 4 contiene las mediciones del plano posterior de forma manual vs las mediciones del sistema. Cabe resaltar que la medición del antebrazo derecho es superior a la presentada en el plano frontal, esto puede ser ocasionado por la posición de los marcadores en la parte posterior, en la siguiente figura se puede observar el sistema tomando las medidas del paciente.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

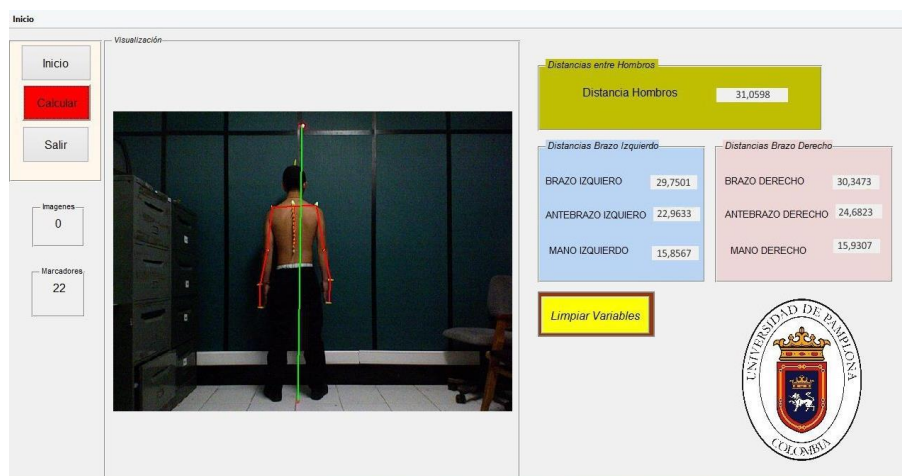


Figura 67. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente uno.

✓ **Plano Sagital Izquierdo**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbital –Porión	7,0000	6,1343	12,3667
Porión-Gonion	7,0000	6,8428	2,2461
Gonion-Gnation	9,5000	10,1831	7,1904
Suborbital-Gnation	13,0000	13,7566	5,8196
Gonion-Suborbital	5,0000	4,9275	1,4510
Porión-Gnation	11,0000	10,8894	1,0057
Porión-Gabela	11,0000	10,7915	1,8952
Gabela-Gnation	15,0000	14,6707	2,1952
% Error			4,2712
Brazo (Cm)			
Brazo	29,0000	28,6368	1,2524
antebrazo	24,0000	23,7171	1,1788
Mano	16,5000	15,9342	3,4293
distancia total	69,5000	68,2881	1,7438
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	44,0000	44,0000	0,0000
Gonion-Porión-Suborbital	60,0000	60,0000	0,0000
Suborbital-Gonion-Porión	76,0000	76,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gladela-Gnation	85,0000	85,0000	0,0000
Gladela-Gnation-Porión	48,0000	48,0000	0,0000



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

Gnación-Porió-Gladela	47,0000	48,0000	2,1277
Suma ángulos	180,0000	181,0000	0,5556
Porió-Gonion-Gnación	66,0000	66,0000	0,0000
Gonion-Porió-Gnación	76,0000	77,0000	1,3158
Gnación-Porió-Gonion	38,0000	38,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	181,0000	0,5556
Porió-Suborbital-Gnación	104,0000	104,0000	0,0000
Suborbital-Porió-Gnación	50,0000	50,0000	0,0000
Porió-Suborbital-Gnación	26,0000	26,0000	0,0000
Suma de Ángulos	180,0000	180,0000	0,0000

Tabla 5. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente uno.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital izquierdo de forma manual vs las mediciones del sistema, este abarca mediciones faciales y sus respectivos ángulos, el porcentaje de error más relevante se presenta en las longitudes tomadas en el rostro, específicamente en la longitud (Suborbital al Porió), el alto porcentaje puede deberse a error humano (medición manual) o una variación de la posición del marcador; las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se pueden observar en la siguiente figura.

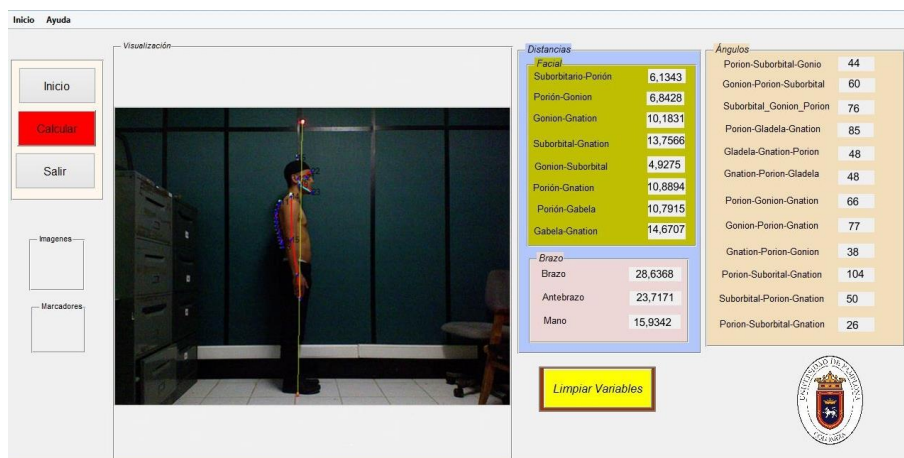


Figura 68. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente uno.

✓ Plano Sagital derecho

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Porió	6,5000	6,0414	7,0561
Porió-Gonion	4,7000	4,3979	6,4275
Gonion-Gnación	10,0000	9,6860	3,1404
Suborbital-Gnación	10,0000	10,1233	1,2330
Gonion-Suborbital	6,5000	6,8764	5,7904
Porió-Gnación	12,5000	13,0979	4,7835



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN

Porión-Gabela	10,5000	10,9564	4,3469
Gabela-Gnation	15,0000	16,4765	9,8431
% Error			5,3276
Brazo (Cm)			
Brazo	30,0000	28,9286	3,5712
antebrazo	25,0000	24,5837	1,6651
Mano	17,0000	15,8960	6,4943
distancia total	72,0000	69,4083	3,5995
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	81,0000	81,0000	0,0000
Gonion-Porión-Suborbital	60,0000	60,0000	0,0000
Suborbital-Gonion-Porión	39,0000	39,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gladela-Gnation	86,0000	86,0000	0,0000
Gladela-Gnation-Porión	52,0000	52,0000	0,0000
Gnation-Porión-Gladela	42,0000	42,0000	0,0000
Suma ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gonion-Gnation	33,0000	33,0000	0,0000
Gonion-Porión-Gnation	133,0000	133,0000	0,0000
Gnation-Porión-Gonion	14,0000	14,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	48,0000	48,0000	0,0000
Suborbital-Porión-Gnation	105,0000	105,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	27,0000	26,0000	3,7037
Suma de ángulos	180,0000	179,0000	0,5556

Tabla 6. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente uno.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital Derecho de forma manual vs el sistema, se aprecian las mediciones faciales y sus respectivos ángulos; el porcentaje de erros más elevado se presenta en la longitud entre el Suborbital al Porión, y se puede deber a errores del sistema a la hora de realizar la impresión del centroide o una medición errónea por parte del especialista de las mediciones, las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se pueden observar en la siguiente figura.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

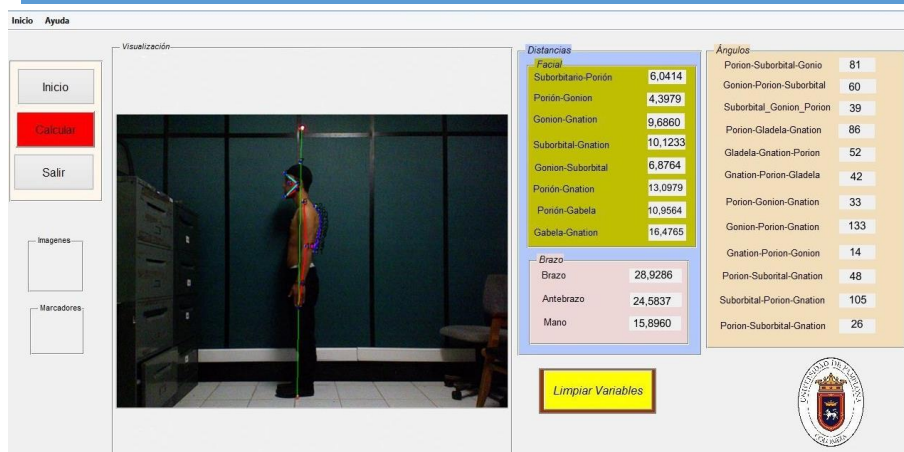


Figura 69. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente uno.

3.1.2. Paciente dos (2).

En las siguientes tablas se pueden analizar las mediciones obtenidas por el sistema en contraste con las realizadas de manera manual, esto con el fin de evaluar los resultados experimentales, con los calculados manualmente.

Edad: 18 **Género:** Masculino

✓ **Plano frontal**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	31,0000	29,9929	3,2488
Esternón	14,0000	12,9422	7,5554
Izquierda			
Brazo Izquierdo	31,0000	31,3041	0,9811
antebrazo	22,0000	21,9920	0,0365
mano	18,0000	17,7609	1,3282
distancia total	71,0000	71,0570	0,7820
Derecha			
Brazo derecho	33,0000	33,3719	1,1271
antebrazo	21,0000	21,4579	2,1804
mano	18,0000	18,3969	2,2048
distancia total	72,0000	73,2267	1,7037

Tabla 7. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente dos.



Como se observa en la tabla 7, comparando las medidas manuales con respecto a las mediciones del sistema y las diferencias entre ellas se obtiene un porcentaje de error, que permite realizar ajustes al sistema y lograr unas mediciones más precisas. El porcentaje de errores más elevado se presentó en las mediciones del esternón con un 7.5554%, esto puede atribuirse a las ubicaciones del centroide causando una longitud diferente a la tomada de forma manual, en la siguiente figura se puede observar en sistema en su funcionamiento.

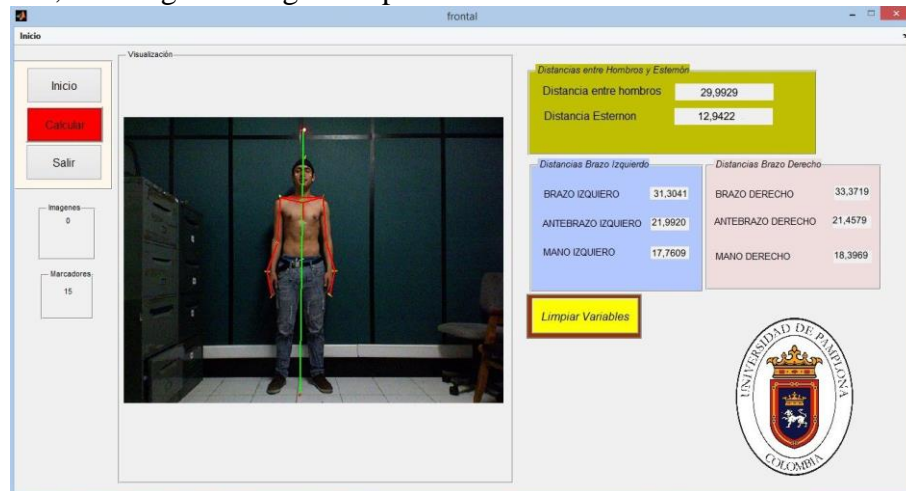


Figura 70. Implementación aplicación en plano Frontal paciente dos.

✓ **Plano posterior**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	31,0000	31,2243	0,7235
Izquierda			
Brazo izquierdo	31,0000	31,4698	1,5156
antebrazo	23,0000	24,6485	7,1672
mano	17,0000	16,1987	4,7136
distancia total	71,0000	72,3170	1,8549
Derecha			
Brazo derecho	33,0000	32,6795	0,9711
antebrazo	22,0000	23,5416	7,0072
mano	17,0000	17,0465	0,2732
distancia total	72,0000	73,2676	1,7605

Tabla 8. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente dos.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

De la tabla 8 se pueden apreciar las mediciones del plano posterior de forma manual vs mediciones del sistema y se obtiene un porcentaje de error, al igual que en el paciente anterior, del antebrazo izquierdo y derecho de un 7%, esto puede suscitarse por varios factores, como la ubicación de los centroide o una mala medición entre las longitudes obtenidas, en la siguiente figura se puede observar el sistema tomando las medidas del paciente.

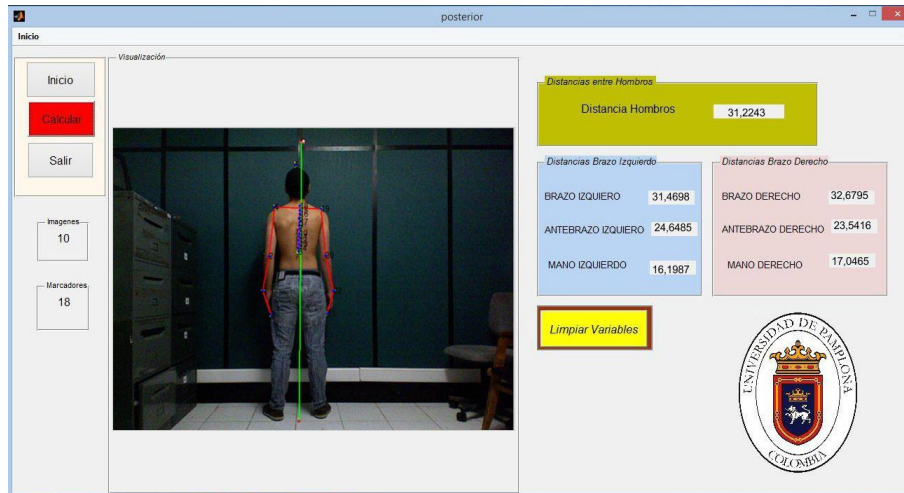


Figura 71. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente dos.

✓ **Plano Sagital Izquierdo**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario –Porión	7,0000	6,0398	13,7170
Porión-Gonion	6,0000	5,8137	3,1045
Gonion-Gnation	9,5000	9,2496	2,6363
Suborbital-Gnation	10,0000	9,1999	8,0012
Gonion-Suborbital	7,0000	7,1194	1,7055
Porión-Gnation	13,0000	13,2487	1,9133
Porión-Gabela	10,0000	9,9414	0,5865
Gabela-Gnation	14,5000	14,0054	3,4108
% Error			4,3844
Brazo (Cm)			
Brazo	30,0000	30,3660	1,2201
antebrazo	24,5000	25,7548	5,1218
Mano	17,0000	17,9825	5,7792
distancia total	71,5000	74,1034	3,6411
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	74,0000	74,0000	0,0000



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

Gonion-Pori6n-Suborbital	55,0000	55,0000	0,0000
Suborbital-Gonion-Pori6n	50,0000	52,0000	4,0000
Suma de 6ngulos	179,0000	181,0000	1,1173
Pori6n-Gladela-Gnacion	72,0000	73,0000	1,3889
Gladela-Gnacion-Pori6n	66,0000	65,0000	1,5152
Gnacion-Pori6n-Gladela	42,0000	43,0000	2,3810
Suma 6ngulos	180,0000	181,0000	0,5556
Pori6n-Gonion-Gnacion	38,0000	37,0000	2,6316
Gonion-Pori6n-Gnacion	120,0000	121,0000	0,8333
Gnacion-Pori6n-Gonion	22,0000	22,0000	0,0000
Suma de 6ngulos	180,0000	180,0000	0,0000
Pori6n-Suborbital-Gnacion	37,0000	37,0000	0,0000
Suborbital-Pori6n-Gnacion	120,0000	119,0000	0,8333
Pori6n-Suborbital-Gnacion	23,0000	23,0000	0,0000
Suma de 6ngulos	180,0000	179,0000	0,5556

Tabla 9. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.

En la tabla 9 se pueden detallar las mediciones del plano sagital izquierdo de forma manual vs las mediciones del sistema, mediciones faciales y sus respectivos 6ngulos, el porcentaje de error m6s relevante es la longitud tomada en el rostro entre el Suborbital y el Pori6n, este alto porcentaje puede presentarse debido al error humano en la toma de medida manual, o por variaciones a la hora de posicionar el marcador para realizar la medici6n. Los c6lculos de las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se pueden observar en la siguiente figura.

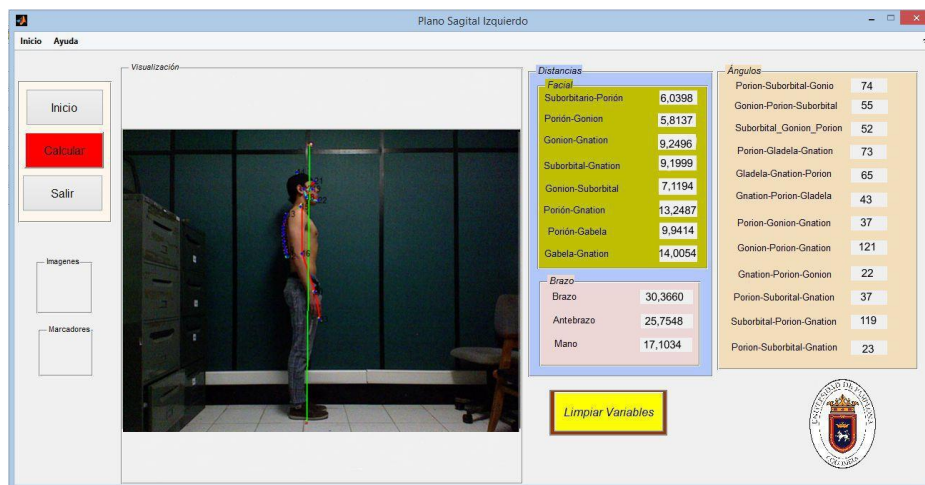


Figura 72. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.



Autor: H6ctor Marino Fl6rez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



✓ **Plano Sagital derecho**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Porión	6,5000	5,5995	13,8538
Porión-Gonion	5,0000	4,4621	10,7577
Gonion-Gnation	9,5000	9,4719	0,2962
Suborbital-Gnation	10,0000	9,3870	6,1300
Gonion-Suborbital	6,5000	6,0147	7,4659
Porión-Gnation	13,0000	12,9418	0,4475
Porión-Gabela	9,5000	8,9472	5,8187
Gabela-Gnation	14,5000	14,5660	0,4550
% Error			5,6531
Brazo (Cm)			
Brazo	30,0000	30,8386	2,7953
antebrazo	25,0000	26,1632	4,6528
mano	17,0000	17,5811	3,4183
distancia total	72,0000	74,5829	3,5874
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	70,0000	72,0000	2,8571
Gonion-Porión-Suborbital	65,0000	63,0000	3,0769
Suborbital-Gonion-Porión	45,0000	45,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gladela-Gnation	80,0000	81,0000	1,2500
Gladela-Gnation-Porión	60,0000	61,0000	1,6667
Gnation-Porión-Gladela	40,0000	37,0000	7,5000
Suma ángulos	180,0000	179,0000	0,5556
Porión-Gonion-Gnation	30,0000	32,0000	6,6667
Gonion-Porión-Gnation	135,0000	133,0000	1,4815
Gnation-Porión-Gonion	15,0000	15,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	40,0000	40,0000	0,0000
Suborbital-Porión-Gnation	120,0000	117,0000	2,5000
Porión-Suborbital-Gnation	20,0000	23,0000	15,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000

Tabla 10. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente dos.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital Derecho de forma manual vs las mediciones del sistema, se aprecia la métrica facial y sus respectivos ángulos, en éstas medidas se presenta el porcentaje más alto de error, esto puede ser producido por la



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



ubicación de los centroides, las longitudes tomadas por el sistema. El rostro, brazo y la curvatura de la columna se puede observar en la siguiente figura.

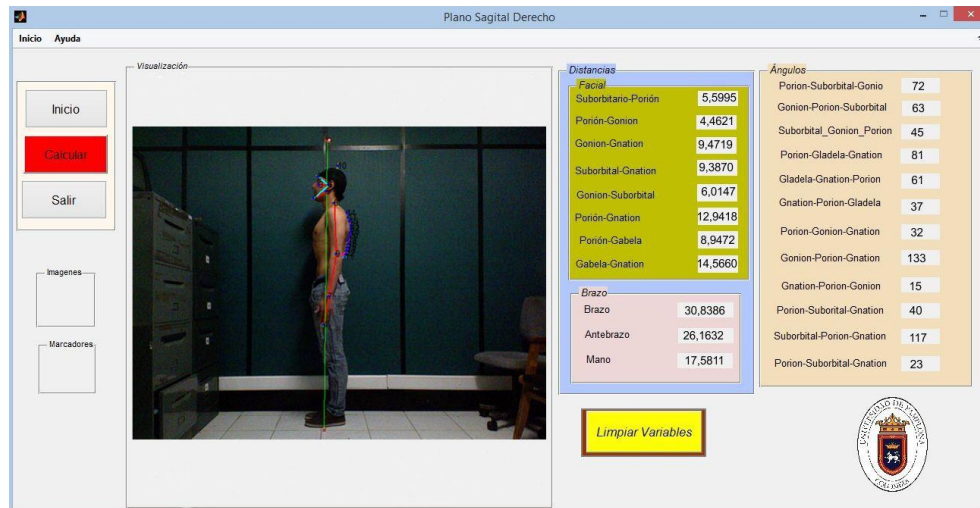


Figura 73. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente dos.

3.1.3. Paciente tres (3).

En las siguientes tablas se puede analizar las mediciones obtenidas por el sistema vs las realizadas de manera manual, esto con el fin de evaluar los resultados experimentales, con los tradicionales.

Edad: 18 Género: Masculino

✓ Plano frontal

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	35,0000	35,8298	2,3710
Esternón	15,0000	12,1351	19,0990
Izquierda			
Brazo Izquierdo	32,0000	32,6631	2,0722
antebrazo	23,0000	22,4278	2,4876
mano	18,0000	17,5086	2,7299
distancia total	73,0000	72,5996	2,4299
Derecha			
Brazo derecho	32,0000	32,7582	2,3695
antebrazo	23,0000	22,2978	3,0530
mano	18,0000	17,6968	1,6847
distancia total	73,0000	72,7528	0,3386



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

Tabla 11. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente dos.

Como se puede observar en la tabla 11, comparando las medidas manuales con respecto a las adquiridas por el sistema y las diferencias entre ellas, obtenemos un porcentaje de error, que en este caso es elevado en el cálculo para el esternón, esto puede ser ocasionado por una inadecuada medición entre los centroide del pecho. En la siguiente figura se observa el sistema en su funcionamiento.

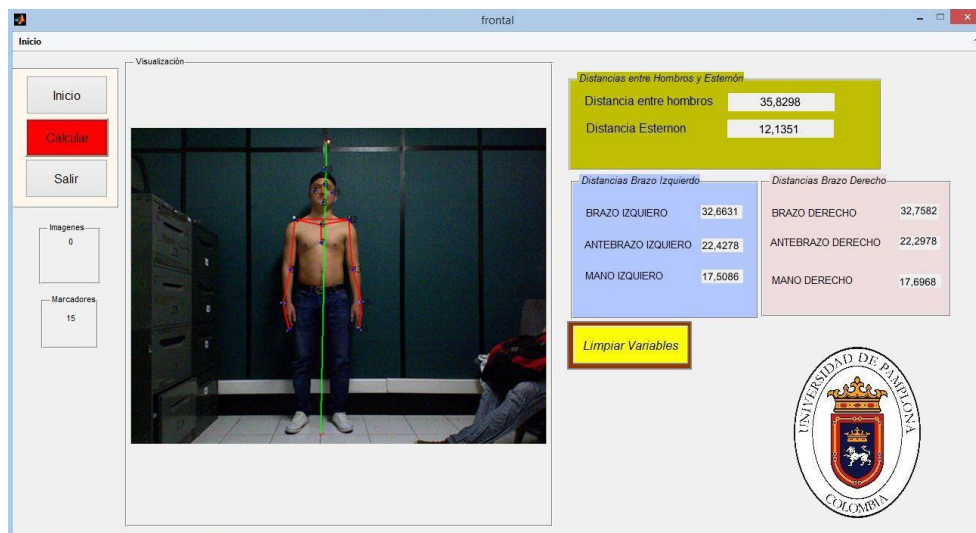


Figura 74. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente tres.

✓ **Plano posterior**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	35,0000	35,9740	2,7829
Izquierda			
Brazo izquierdo	32,0000	31,8430	0,4906
antebrazo	24,0000	25,8823	7,8428
Mano	17,0000	16,4403	3,2926
distancia total	73,0000	74,1655	1,5966
Derecha			
Brazo derecho	32,0000	31,5525	1,3985
Antebrazo	24,0000	26,6692	11,1218
Mano	18,0000	16,7956	6,6912
distancia total	74,0000	75,0173	1,3747

Tabla 12. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente tres.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



La tabla 12 se puede apreciar las mediciones del plano posterior de forma manual vs mediciones del sistema y se obtiene un porcentaje de error elevado presente en el antebrazo derecho, se pueden presentar dos posibles hechos que generen este problema; el primero un error humano en las toma de medidas manualmente, el segundo un error del sistema, que puede deberse a la ubicación de los centroides en los marcadores, en la siguiente figura se puede observar el sistema tomando las medidas del paciente.

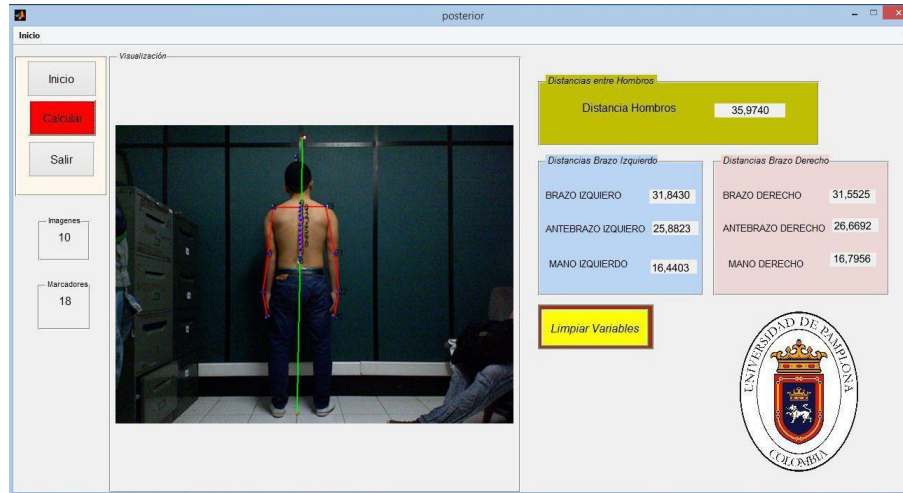


Figura 75. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente tres.

✓ **Plano Sagital Izquierdo**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Porión	7,0000	7,2035	2,9065
Porión-Gonion	7,5000	7,5413	0,5506
Gonion-Gnation	11,0000	11,1703	1,5484
Suborbital-Gnation	15,0000	15,0291	0,1938
Gonion-Suborbital	5,0000	5,4309	8,6183
Porión-Gnation	10,0000	10,6272	6,2716
Porión-Gabela	13,0000	13,2650	2,0387
Gabela-Gnation	13,0000	13,9784	7,5263
% Error			3,7068
Brazo			
Brazo	30,0000	30,8168	2,7227
antebrazo	26,0000	26,5221	2,0079
Mano	17,0000	16,4564	3,1979
distancia total	73,0000	73,7952	1,0894
Ángulos			



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

Porión-Suborbital-Gonio	43,0000	43,0000	0,0000
Gonion-Porión-Suborbital	65,0000	65,0000	0,0000
Suborbital-Gonion-Porión	72,0000	72,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gladela-Gnation	70,0000	71,0000	1,4286
Gladela-Gnation-Porión	50,0000	46,0000	8,0000
Gnation-Porión-Gladela	60,0000	64,0000	6,6667
Suma ángulos	180,0000	181,0000	0,5556
Porión-Gonion-Gnation	75,0000	74,0000	1,3333
Gonion-Porión-Gnation	65,0000	66,0000	1,5385
Gnation-Porión-Gonion	40,0000	40,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	110,0000	113,0000	2,7273
Suborbital-Porión-Gnation	40,0000	40,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	30,0000	26,0000	13,3333
Suma de ángulos	180,0000	179,0000	0,5556

Tabla 13. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente tres.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital izquierdo de forma manual vs las mediciones del sistema, en donde se presentó un porcentaje de error elevado en la obtención del ángulo del Porión de un 13,3333%, este error puede ser ocasionado por factor humano, las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se puede observar en la siguiente figura

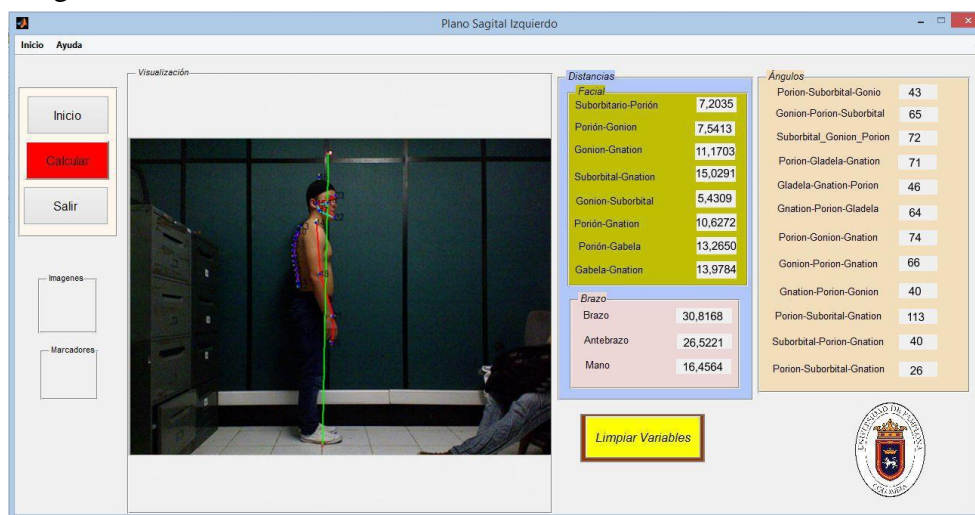


Figura 76. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

✓ **Plano Sagital derecho**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Porión	7,0000	6,3234	9,6664
Porión-Gonion	5,0000	4,5039	9,9211
Gonion-Gnation	11,0000	11,3243	2,9478
Suborbital-Gnation	10,0000	10,4929	4,9293
Gonion-Suborbital	7,0000	7,2973	4,2469
Porión-Gnation	14,5000	14,3230	1,2204
Porión-Gabela	12,0000	12,1258	1,0486
Gabela-Gnation	15,0000	15,1772	1,1811
% Error			4,3952
Brazo			
Brazo	31,0000	29,4264	5,0761
antebrazo	25,0000	25,0710	0,2839
mano	16,5000	15,8817	3,7470
distancia total	72,5000	70,3791	2,9254
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	83,0000	83,0000	0,0000
Gonion-Porión-Suborbital	59,0000	59,0000	0,0000
Suborbital-Gonion-Porión	38,0000	38,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gladela-Gnation	70,0000	69,0000	1,4286
Gladela-Gnation-Porión	60,0000	62,0000	3,3333
Gnation-Porión-Gladela	50,0000	48,0000	4,0000
Suma ángulos	180,0000	179,0000	0,5556
Porión-Gonion-Gnation	40,0000	41,0000	2,5000
Gonion-Porión-Gnation	125,0000	124,0000	0,8000
Gnation-Porión-Gonion	15,0000	15,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	40,0000	42,0000	5,0000
Suborbital-Porión-Gnation	115,0000	115,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	25,0000	24,0000	4,0000
Suma de ángulos	180,0000	181,0000	0,5556

Tabla 14. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente tres.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital Derecho de forma manual vs las mediciones del sistema, además de las mediciones faciales y sus respectivos ángulos, el porcentaje de error mayor en las mediciones es de 9%, presente en dos mediciones



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



faciales, esto puede ser ocasionado por la ubicación de los centroide en los marcadores, las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se puede observar en la siguiente figura.

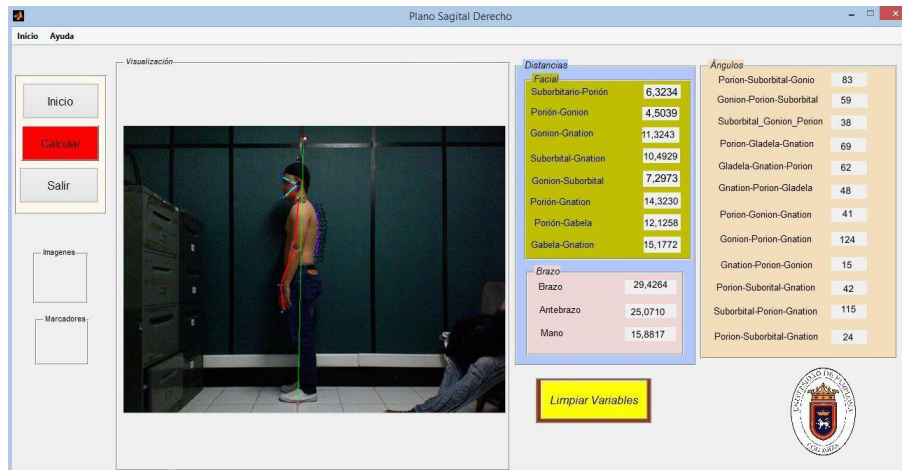


Figura 77. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente tres.

3.1.4. Paciente cuarto (4)

En las siguientes tablas se puede analizar las mediciones obtenidas por el sistema vs las medidas adquiridas de manera manual, esto con el fin de evaluar los resultados experimentales, con los tradicionales.

Edad: 23 **Género:** Femenino

✓ Plano frontal

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	29,5000	30,9437	4,8941
Esternón	17,5000	16,7862	4,2523
Izquierda			
Brazo izquierdo	29,5000	29,2525	0,8390
antebrazo	23,0000	21,4211	6,8649
mano	18,0000	17,0417	5,3239
distancia total	70,5000	67,7153	4,3426
Derecha			
Brazo derecho	30,0000	29,5535	1,4885
antebrazo	23,5000	21,4086	8,8994
mano	17,5000	16,5075	5,6717
distancia total	71,0000	67,4695	4,9725

Tabla 15. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente Cuarto.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

Como se puede observar en la tabla anterior se realiza una comparación entre los cotejos longitudinales manuales con respecto a las mediciones del sistema y las diferencias entre ellas. Se obtiene un porcentaje de error, que no supera el 5%, esto puede ser ocasionado por factores humanos, como una inadecuada medición entre los marcadores, en la siguiente figura podemos observar en sistema en su funcionamiento.

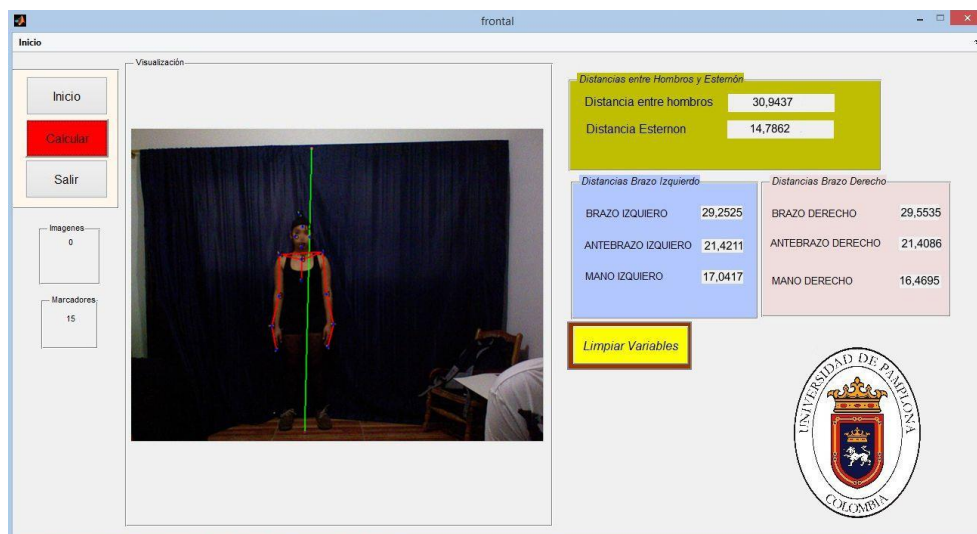


Figura 78. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cuarto.

✓ **Plano posterior**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	29,5000	31,0774	5,3471
Izquierda			
Brazo Izquierdo	29,0000	28,5220	1,6484
antebrazo	23,5000	22,0511	6,1656
mano	17,0000	16,5227	2,8079
distancia total	69,5000	67,0957	3,4594
Derecha			
Brazo derecho	30,0000	30,0644	0,2148
antebrazo	22,0000	21,2311	3,4949
mano	16,5000	15,8221	4,1083
distancia total	68,5000	67,1177	2,0180

Tabla 16. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cuarto.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

En la tabla 16 podemos apreciar las mediciones del plano posterior de forma manual vs las medidas arrojadas por el sistema y se obtiene adicional un porcentaje de error en cada cotejo, de los cuales el mayor presenta un valor porcentual de 6,1 % presentado en el antebrazo izquierdo, en la siguiente figura se puede observar el sistema tomando las medidas del paciente.

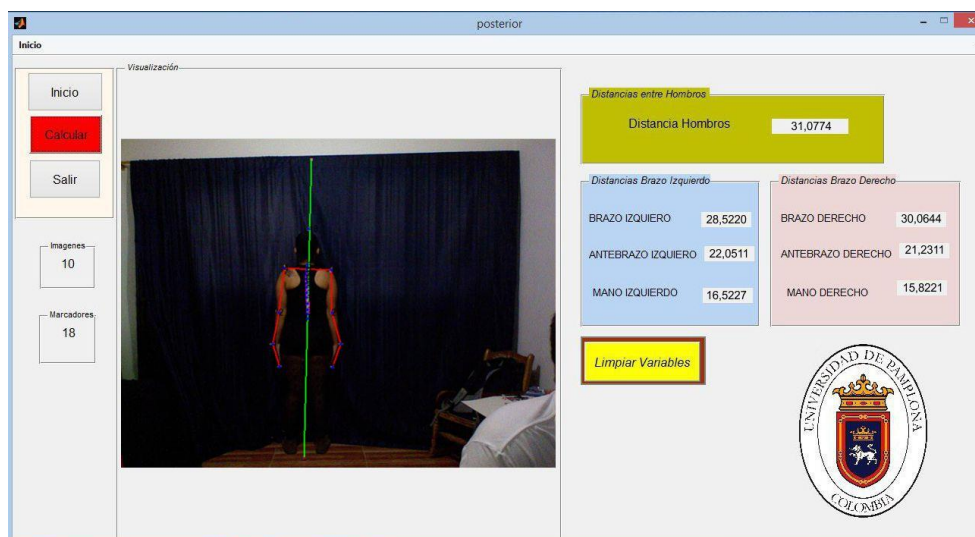


Figura 79. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cuarto.

✓ **Plano Sagital Izquierdo**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Porión	6,0000	5,8919	1,8016
Porión-Gonion	5,0000	4,8762	2,4766
Gonion-Gnation	9,0000	8,8128	2,0797
Suborbital-Gnation	8,0000	7,9776	0,2796
Gonion-Suborbital	6,5000	6,7917	4,4880
Porión-Gnation	12,0000	11,8933	0,8888
Porión-Gabela	11,0000	10,9835	0,1500
Gabela-Gnation	14,0000	13,5014	3,5611
% Error			1,9657
Brazo (Cm)			
Brazo	30,0000	27,9273	6,9089
antebrazo	23,5000	23,6384	0,5890
mano	17,5000	15,5832	10,9532
distancia total	71,0000	67,1489	5,4240
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	75,0000	78,0000	4,0000



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

Gonion-Porión-Suborbital	60,0000	58,0000	3,3333
Suborbital-Gonion-Porión	45,0000	45,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	181,0000	0,5556
Porión-Gladela-Gnacion	70,0000	72,0000	2,8571
Gladela-Gnacion-Porión	60,0000	57,0000	5,0000
Gnacion-Porión-Gladela	50,0000	51,0000	2,0000
Suma ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gonion-Gnacion	40,0000	41,0000	2,5000
Gonion-Porión-Gnacion	120,0000	118,0000	1,6667
Gnacion-Porión-Gonion	20,0000	21,0000	5,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnacion	37,0000	37,0000	0,0000
Suborbital-Porión-Gnacion	120,0000	117,0000	2,5000
Porión-Suborbital-Gnacion	25,0000	26,0000	4,0000
Suma de ángulos	182,0000	180,0000	1,0989

Tabla 17. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital izquierdo de forma manual vs las arrojadas por el sistema, métrica facial y sus respectivos ángulos, en donde el porcentaje de error más elevado se presenta en dichos ángulos con un 5%, esto se puede presentar por una mala medición ya sea, tanto del sistema o humana, las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se puede observar en la siguiente figura.

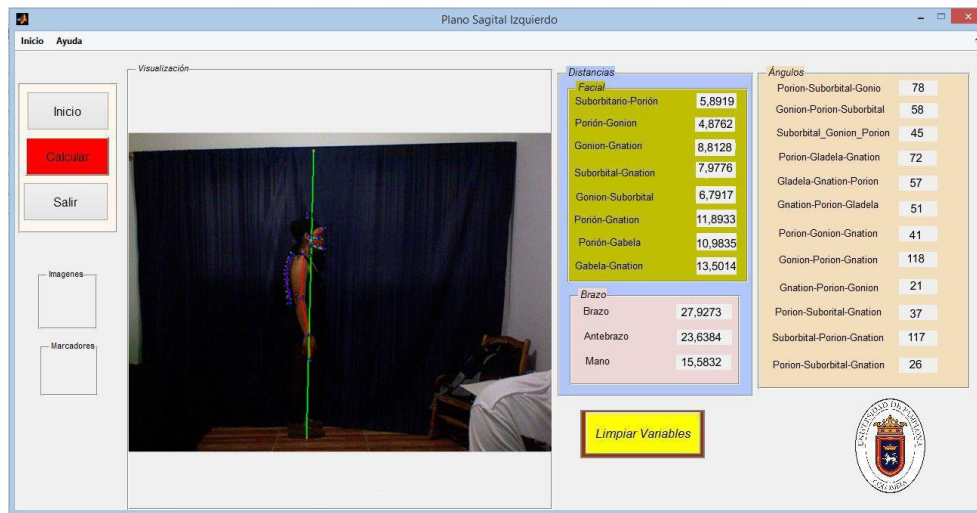


Figura 80. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente dos.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



✓ **Plano Sagital derecho**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Porión	6,0000	5,8842	1,9300
Porión-Gonion	5,0000	4,8736	2,5280
Gonion-Gnacion	9,0000	8,5953	4,4971
Suborbital-Gnacion	8,5000	8,2807	2,5797
Gonion-Suborbital	6,0000	5,9047	1,5881
Porión-Gnacion	11,5000	11,4570	0,3737
Porión-Gabela	11,0000	11,0381	0,3464
Gabela-Gnacion	14,0000	13,8111	1,3496
% Error			5,4407
Brazo (Cm)			
Brazo	30,0000	28,8237	3,9210
antebrazo	23,0000	23,0668	0,2903
mano	17,0000	14,2079	16,4239
distancia total	70,0000	66,0984	5,5737
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	80,0000	77,0000	3,7500
Gonion-Porión-Suborbital	60,0000	63,0000	5,0000
Suborbital-Gonion-Porión	40,0000	40,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gladela-Gnacion	75,0000	76,0000	1,3333
Gladela-Gnacion-Porión	55,0000	54,0000	1,8182
Gnacion-Porión-Gladela	50,0000	51,0000	2,0000
Suma ángulos	180,0000	181,0000	0,5556
Porión-Gonion-Gnacion	35,0000	35,0000	0,0000
Gonion-Porión-Gnacion	130,0000	130,0000	0,0000
Gnacion-Porión-Gonion	15,0000	15,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnacion	40,0000	42,0000	5,0000
Suborbital-Porión-Gnacion	115,0000	112,0000	2,6087
Porión-Suborbital-Gnacion	25,0000	26,0000	4,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000

Tabla 18. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente cuarto.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital Derecho de forma manual vs las mediciones del sistema, además de las mediciones faciales y sus respectivos ángulos, en donde se puede evidenciar un elevado porcentaje de error en las mediciones en



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

las manos; esto puede ser ocasionado por las tomas de mediciones. Las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se puede observar en la siguiente figura.

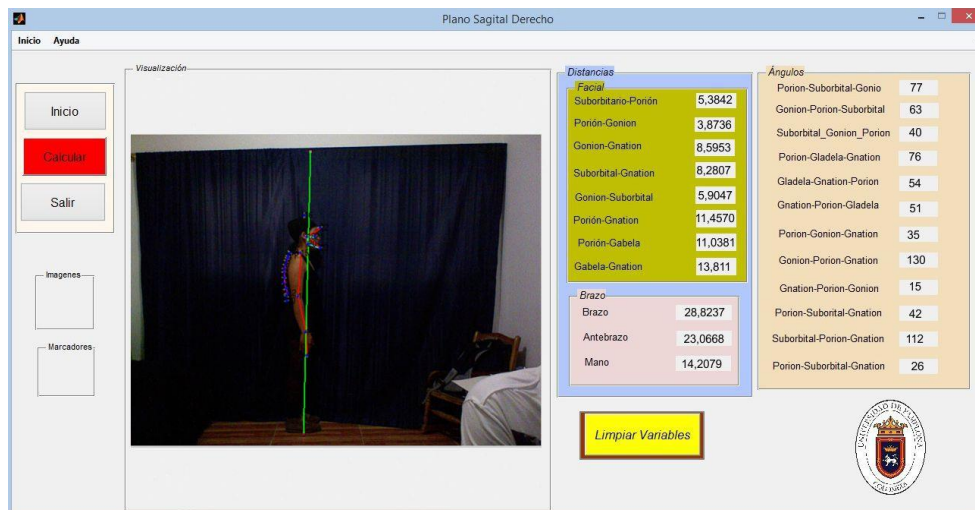


Figura 81. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente cuarto.

3.1.5. Paciente cinco (5)

En las siguientes tablas se puede analizar las mediciones obtenidas por el sistema vs las adquiridas de manera manual, esto con el fin de evaluar los resultados experimentales, con los tradicionales.

Edad: 21 **Género:** Femenino

✓ **Plano frontal**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	32,0000	32,1329	0,4153
Esternón	20,5000	17,2664	15,7736
Izquierda			
Brazo Izquierdo	29,0000	30,7949	6,1892
antebrazo	25,5000	22,6466	11,1896
mano	16,0000	16,3920	2,4499
distancia total	70,5000	69,8335	6,6096
Derecha			
Brazo derecho	28,5000	29,5542	3,6988
antebrazo	23,5000	21,9377	6,6481
mano	16,5000	16,4113	0,5378
distancia total	68,5000	67,9031	0,8714

Tabla 19. Mediciones Manual vs Sistema plano frontal paciente cinco.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

Como se puede observar en la tabla anterior se realiza una comparación entre las mediciones manuales con respecto a las del sistema y las diferencias entre ellas, se obtiene además un porcentaje de error, que en este caso es elevado en la métrica del esternón con un 15,7736%, esto puede ser ocasionado por las mediciones manuales. En la siguiente figura podemos observar en sistema en su funcionamiento.

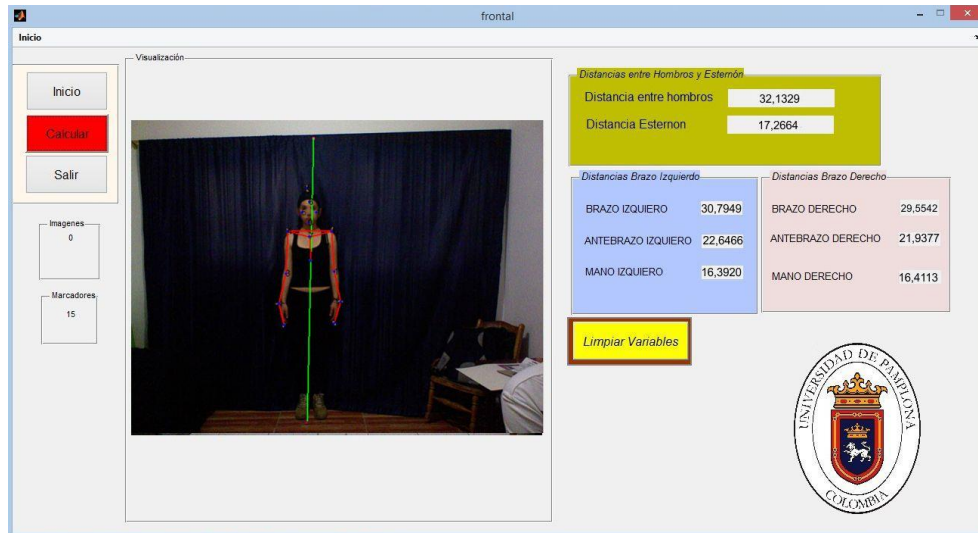


Figura 82. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cinco.

✓ **Plano posterior**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Hombros	32,0000	31,3800	1,9375
Izquierda			
Brazo Izquierdo	29,0000	29,0182	0,0626
antebrazo	24,5000	23,1613	5,4640
mano	16,0000	15,0186	6,1340
distancia total	69,5000	67,1980	3,3122
Derecha			
Brazo derecho	29,0000	28,5236	1,6429
antebrazo	23,0000	23,1000	0,4349
mano	16,5000	15,1310	8,2968
distancia total	68,5000	66,7546	2,5480

Tabla 20. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cinco.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

En la tabla 20 se puede apreciar las mediciones del plano posterior de forma manual vs medidas arrojadas por el sistema y se obtiene un porcentaje de error de 6,1%, presente en las mano izquierda, esto puede ser ocasionado a la hora de la medición directa. En la siguiente figura se puede observar el sistema tomando las medidas del paciente.

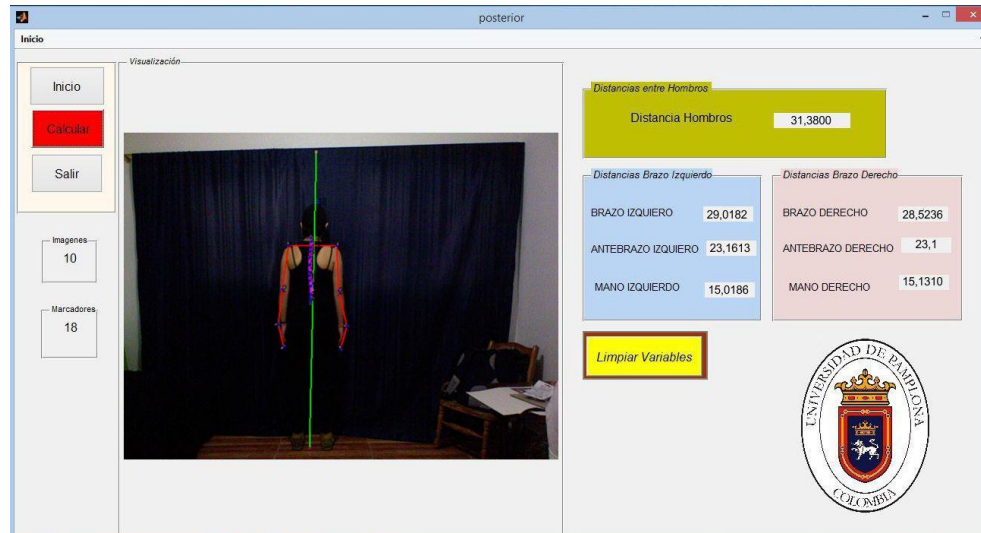


Figura 83. Mediciones Manual vs Sistema plano Posterior paciente cinco.

✓ **Plano Sagital Izquierdo**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Pori6n	7,5000	7,0025	6,6334
Pori6n-Gonion	4,7000	4,1107	12,5388
Gonion-Gnation	10,4000	9,8809	4,9913
Suborbital-Gnation	9,8000	8,3319	14,9805
Gonion-Suborbital	7,6000	6,4808	14,7265
Pori6n-Gnation	13,0000	13,1549	1,1913
Pori6n-Gabela	13,0000	12,8046	1,5028
Gabela-Gnation	14,5000	14,1085	2,7001
% Error			7,4081
Brazo (Cm)			
Brazo	29,0000	28,4085	2,0395
antebrazo	24,5000	24,0603	1,7946
mano	16,0000	14,1438	11,6012
distancia total	69,5000	66,6127	4,1544
Ángulos			
Pori6n-Suborbital-Gonio	65,0000	65,0000	0,0000
Gonion-Pori6n-Suborbital	80,0000	79,0000	1,2500



Autor: Héctor Marino Fl6rez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

Suborbital-Gonion-Porión	35,0000	35,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	179,0000	0,5556
Porión-Gladela-Gnation	65,0000	66,0000	1,5385
Gladela-Gnation-Porión	60,0000	58,0000	3,3333
Gnation-Porión-Gladela	55,0000	56,0000	1,8182
Suma ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Gonion-Gnation	30,0000	31,0000	3,3333
Gonion-Porión-Gnation	135,0000	136,0000	0,7407
Gnation-Porión-Gonion	15,0000	13,0000	13,3333
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000
Porión-Suborbital-Gnation	35,0000	34,0000	2,8571
Suborbital-Porión-Gnation	120,0000	118,0000	1,6667
Porión-Suborbital-Gnation	25,0000	28,0000	12,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000

Tabla 21. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente cinco.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital izquierdo de forma manual vs los cotejos longitudinales del sistema, métrica facial y sus respectivos ángulos, el porcentaje de error más elevado que se presenta tiene un valor porcentual de 14,9%; esto puede deberse al factor humano, en el momento de realizar las mediciones del rostro o una ubicación errónea del centroide por parte del sistema de mediciones, las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se puede observar en la siguiente figura.

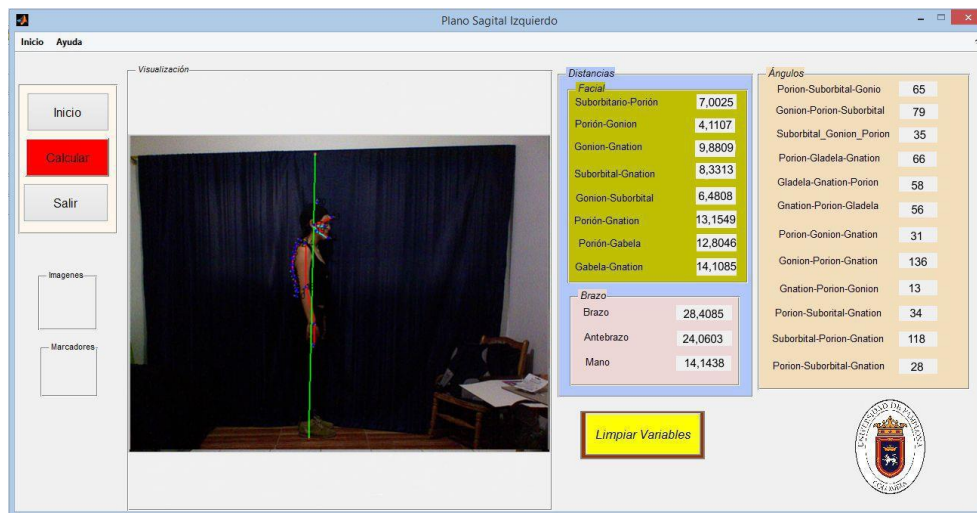


Figura 84. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Izquierdo paciente cinco.



✓ **Plano Sagital derecho**

	Manual (Cm)	Sistema (Cm)	Error
Suborbitario -Porión	7,0000	5,8790	16,0140
Porión-Gonion	5,0000	4,8265	3,4704
Gonion-Gnation	9,0000	8,7433	2,8520
Suborbital-Gnation	9,5000	8,8287	7,0667
Gonion-Suborbital	7,0000	6,6892	4,4396
Porión-Gnation	13,0000	12,2727	5,5948
Porión-Gabela	12,0000	10,9000	9,1667
Gabela-Gnation	14,0000	13,9357	0,4593
% Error			6,1330
Brazo (Cm)			
Brazo	29,0000	28,0332	3,3337
antebrazo	24,0000	23,7605	0,9978
mano	16,0000	14,7791	7,6309
distancia total	69,0000	66,5728	3,5177
Ángulos			
Porión-Suborbital-Gonio	75,0000	77,0000	2,6667
Gonion-Porión-Suborbital	60,0000	59,0000	1,6667
Suborbital-Gonion-Porión	45,0000	45,0000	0,0000
Suma de ángulos	180,0000	181,0000	0,5556
Porión-Gladela-Gnation	75,0000	74,0000	1,3333
Gladela-Gnation-Porión	55,0000	58,0000	5,4545
Gnation-Porión-Gladela	50,0000	49,0000	2,0000
Suma ángulos	180,0000	181,0000	0,5556
Porión-Gonion-Gnation	35,0000	35,0000	0,0000
Gonion-Porión-Gnation	130,0000	127,0000	2,3077
Gnation-Porión-Gonion	20,0000	18,0000	10,0000
Suma de ángulos	185,0000	180,0000	2,7027
Porión-Suborbital-Gnation	40,0000	42,0000	5,0000
Suborbital-Porión-Gnation	115,0000	112,0000	2,6087
Porión-Suborbital-Gnation	25,0000	26,0000	4,0000
Suma de ángulos	180,0000	180,0000	0,0000

Tabla 22. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente cinco.

En la tabla anterior se pueden detallar las mediciones del plano sagital Derecho de forma manual vs los cálculos longitudinales que arroja el sistema, además de cotejos faciales y sus respectivos ángulos, en donde se puede resaltar el elevado porcentaje de error de 16%



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

presente en la distancia entre los puntos Suborbitario y Porión. Las longitudes del brazo y la curvatura de la columna se puede observar en la siguiente figura.

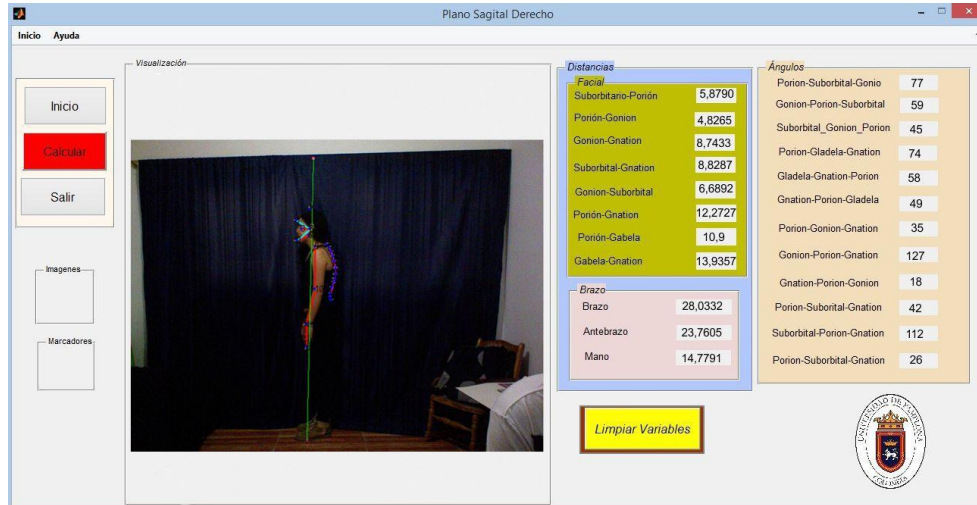


Figura 85. Mediciones Manual vs Sistema plano Sagital Derecho paciente dos.

3.1.6. Análisis del Plano Frontal de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10)

Para el análisis de las mediciones antropométricas de los cinco pacientes se realizaron dos gráficas para ilustrar los resultados de los cotejos y sus respectivos errores porcentuales, esto con el fin de analizar, en qué paciente, el sistema presenta el nivel más elevado de error en las mediciones y así poder corregir las falencias en el arreglo de los marcadores y su posterior procesamiento, para la obtención de las medidas, a continuación se hace el análisis de cinco pacientes de prueba del plano frontal.

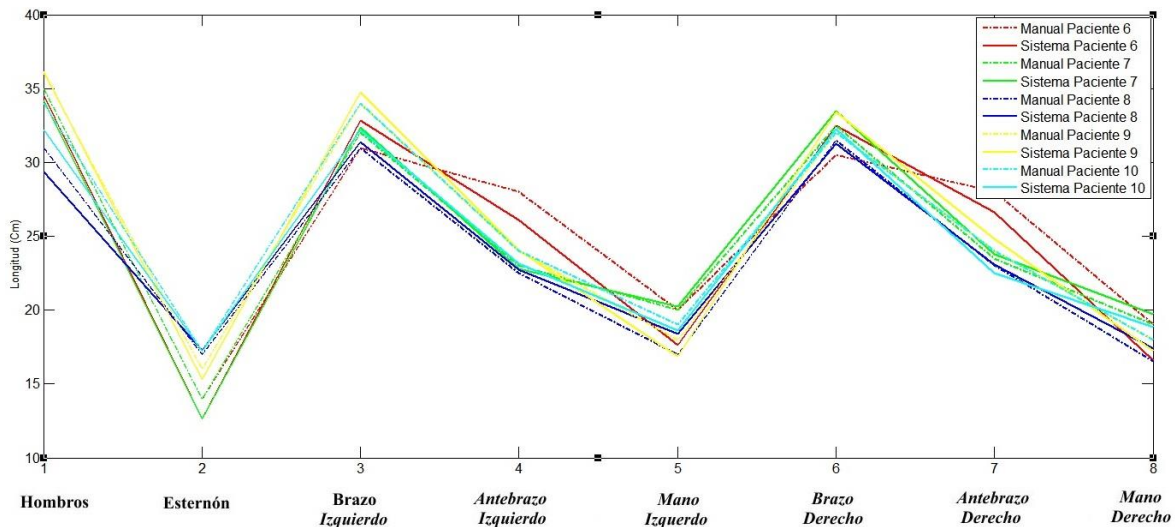


Figura 86. Longitudes del plano frontal para seis pacientes.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

En la figura 87 se pueden observar las mediciones de las longitudes del plano frontal de cinco pacientes, entre hombres y mujeres, cada paciente está definido por un color, las líneas punteadas son las mediciones efectuadas de manera manual por el especialista, la línea continua son las mediciones realizadas por el sistema; la mínima distancia obtenida es la del esternón junto con las manos derecha e izquierda, en la siguiente figura se puede observar el porcentaje de error de los diferentes pacientes en el plano frontal.

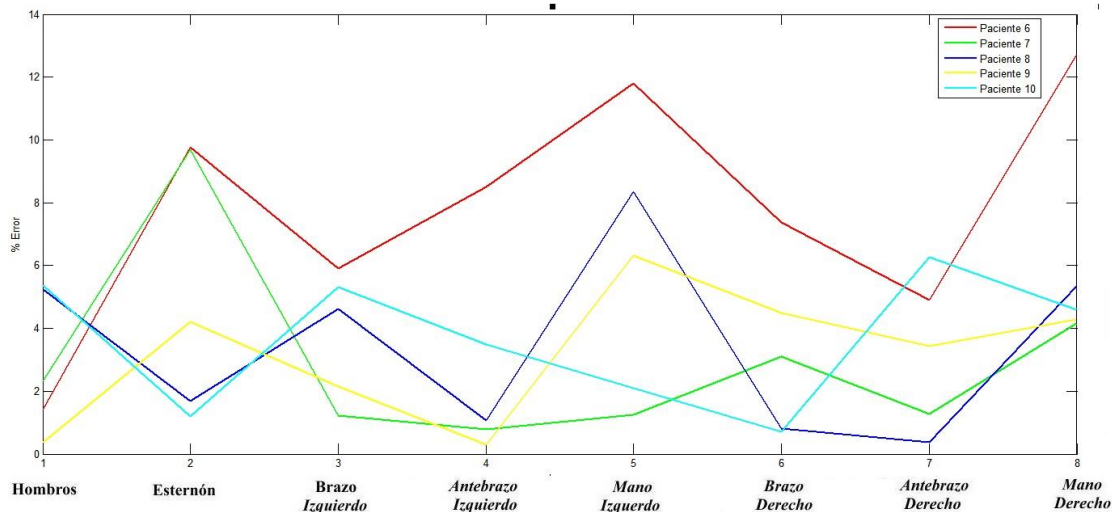


Figura 87. Porcentaje de error del Plano Frontal

En la figura anterior se puede apreciar los porcentajes de error entre las longitudes medidas de manera manual versus las realizadas por el sistema, además se observa que el porcentaje de error más elevado está presente ante el doce (12%), y el paciente que presentó más errores en las mediciones es el paciente seis(6), estas pueden ser ocasionadas por varios factores entre los cuales, los más probables son el factor humano a la hora de realizar las mediciones de manera manual o una caracterización errónea del sistema al detectar los marcadores, la detección de los marcadores puede verse afectado por las variaciones en el cambio de iluminación.

3.1.7. Análisis del Plano Posterior de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10).

Para el análisis de las mediciones antropométricas del plano posterior de cinco pacientes se realizaron dos graficas donde se ilustran las medidas correspondientes y sus respectivos errores porcentuales.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

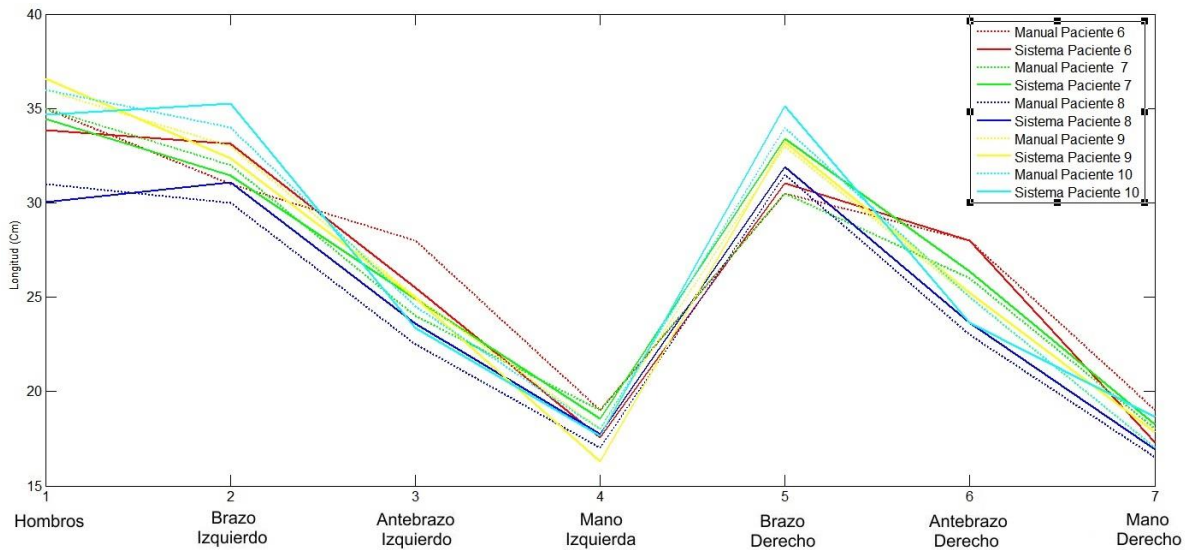


Figura 88. Longitudes del plano Posterior para seis pacientes.

En la figura anterior se pueden observar las mediciones de las extremidades superiores de los cinco pacientes que fueron evaluados durante las pruebas que se llevaron a cabo para comprobar el funcionamiento del sistema, en este proceso se realizaron dos mediciones de manera manual y una tercera realizada por el sistema, y así se obtuvo la diferencia entre las mediciones.

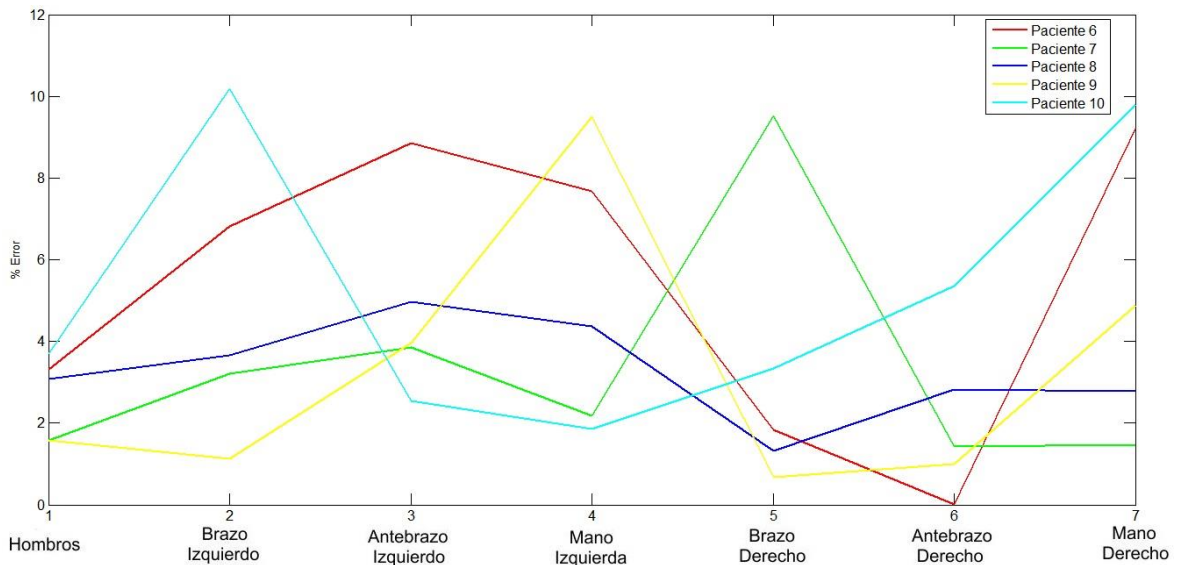


Figura 89. Porcentaje de error del Plano Posterior.

En la figura anterior, se aprecian los porcentajes de error entre las siete longitudes medidas, entre las cuales, el porcentaje de error máximo, lo presentó el paciente diez (10) en la



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

longitud del brazo izquierdo con un valor entre el (10%), y el valor mínimo se presentó en el paciente sexto en la longitud del antebrazo derecho, y el paciente que presento mayor desviación porcentual en las medidas fue el paciente seis(6), estos desfases en las mediciones pueden ser ocasionadas por factores humanos a la hora de realizar la caracterización de las longitudes o una captura errónea del sistema al detectar los marcadores.

3.1.8. Análisis del Plano Sagital Izquierdo de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10).

Para el análisis de las mediciones antropométricas del rostro y la extremidad superior del plano Sagital izquierdo de cinco pacientes, se realizaron dos gráficas donde se detallan las caracterizaciones y sus respectivos errores porcentuales. Como se puede ver en la siguiente ilustración.

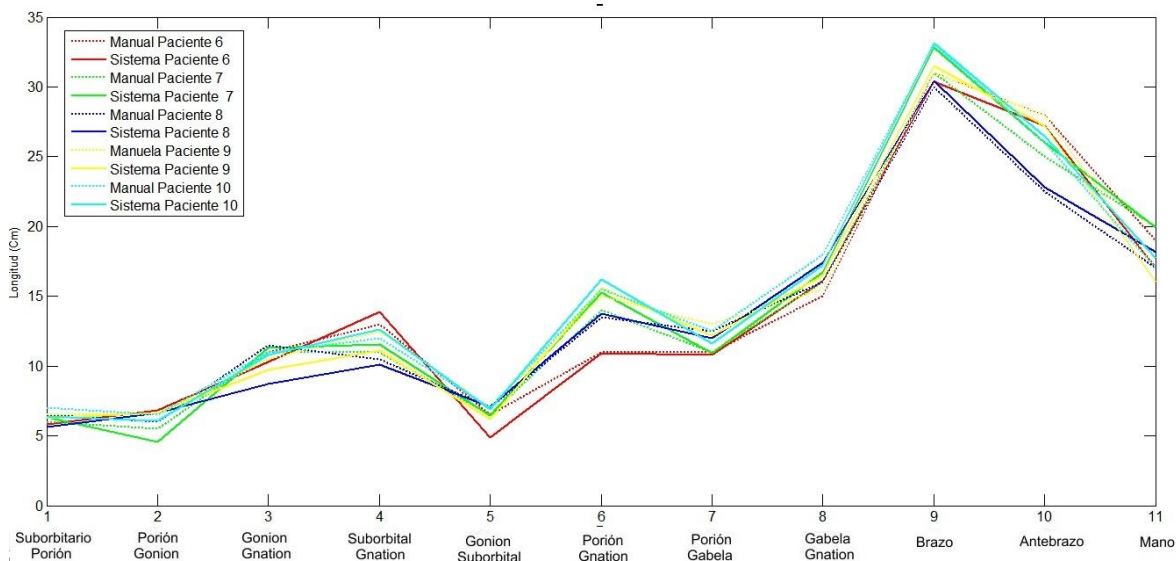


Figura 90. Longitudes del plano Sagital izquierdo para seis pacientes.

En la figura anterior se pueden observar las mediciones de once longitudes de las cuales ocho corresponden al rostro y cuatro para la extremidad superior del plano (Brazo), se efectuaron para los cinco pacientes que fueron evaluados durante las pruebas que se llevaron a cabo para el funcionamiento del sistema, para este proceso se realizaron dos mediciones de manera manual y una tercera adquirida a través del sistema, y así se obtienen finalmente las diferencias entre las mediciones.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

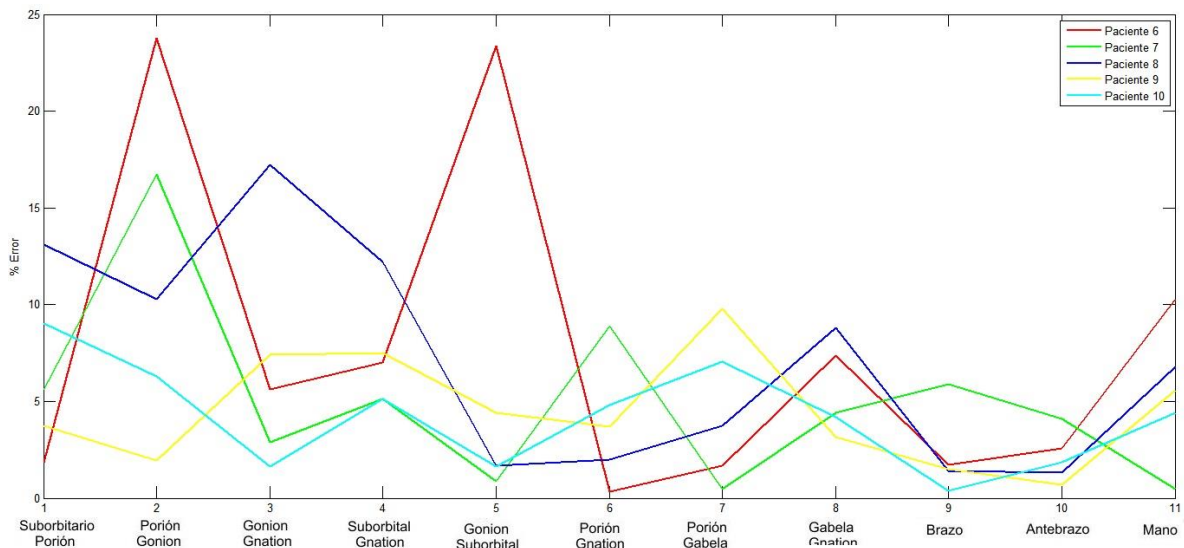


Figura 91. Porcentaje de error del Plano Sagital Izquierdo.

En la figura anterior, se aprecia los porcentajes de error entre las once longitudes medidas, divididas entre el rostro y el brazo en las cuales el error porcentual máximo lo presentó el paciente sexto en la longitud del Porión al Gonion con un valor entre el (23.75%), el valor mínimo se presentó en el mismo paciente en las longitudes entre el Porión al Gnation, el paciente que presento más errores en las mediciones es el indicado anteriormente (6), estos desfases en las mediciones pueden ser ocasionados por factor humano a la hora de realizar la caracterización de las longitudes, o una captura errónea del sistema al detectar los marcadores.

3.1.9. Análisis del Plano Sagital Derecho de los pacientes de prueba del seis al diez (6-10).

Para el análisis de las mediciones antropométricas del rostro y la extremidad del brazo del plano Sagital derecho de los cinco pacientes, se realizaran dos graficas donde se ilustran los cotejos longitudinales junto a su respectivo error porcentual. Como se puede ver en la siguiente figura.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza

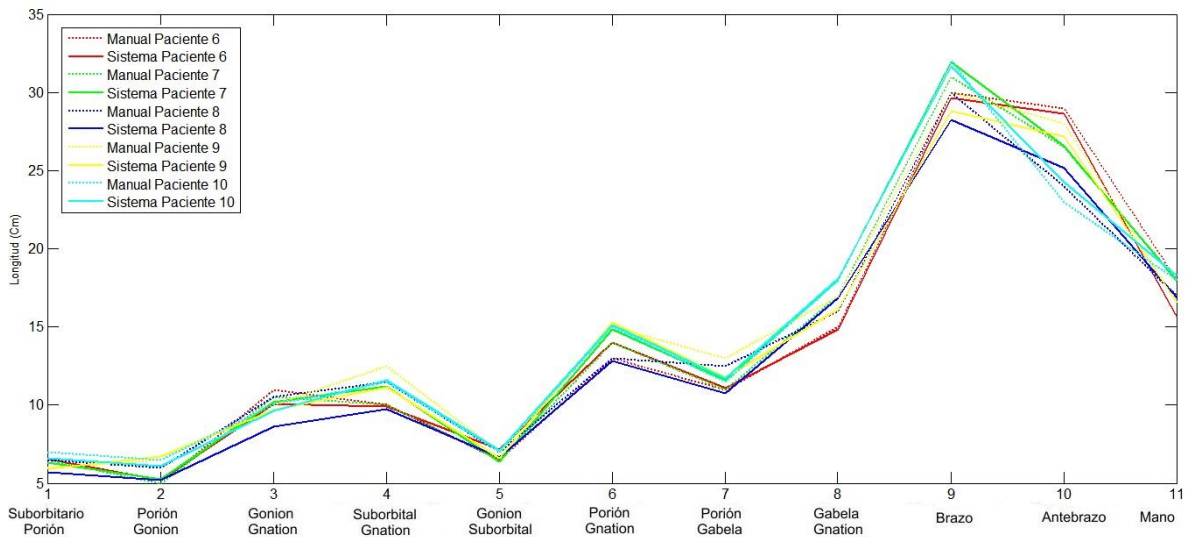


Figura 92. Longitudes del plano Sagital Derecho para seis pacientes.

En la figura anterior se pueden observar las mediciones de ocho longitudes para el rostro y cuatro para la extremidad del brazo del plano sagital derecho, la ilustración muestra los cinco pacientes evaluados durante las pruebas que se llevaron a cabo para comprobar el funcionamiento del sistema, para esto se emplean dos tipos de mediciones, de manera manual versus sistematizada, para obtener las diferencia entre las mediciones como se puede observar a continuación.

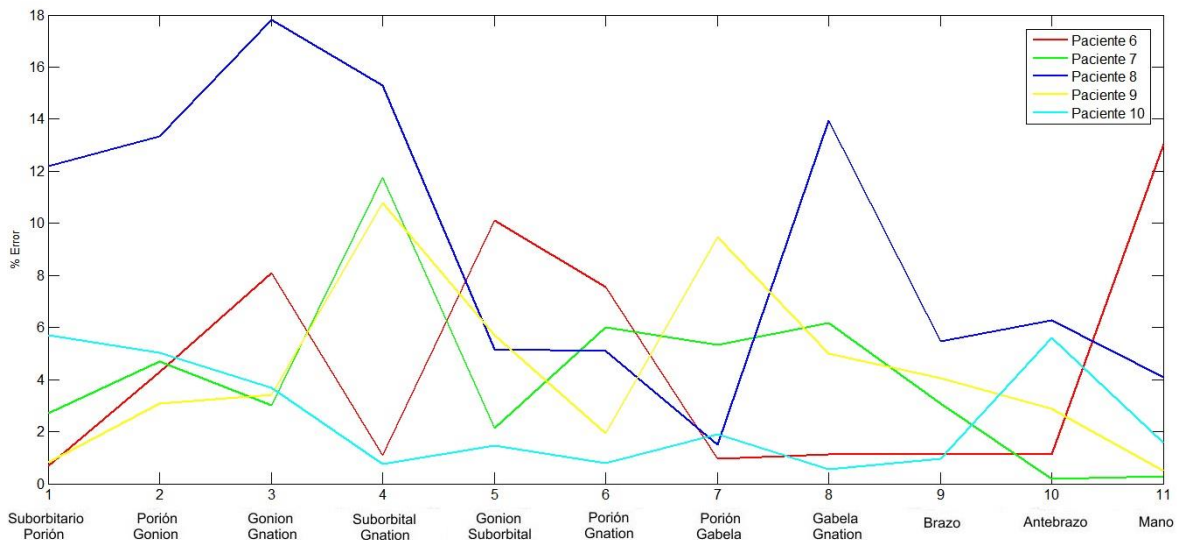


Figura 93. Porcentaje de error del Plano Sagital Derecho.

En la figura anterior, se aprecia los porcentajes de error entre las once longitudes medidas, estas se dividen entre el rostro y el brazo, en donde el error porcentual máximo se presentó en el octavo paciente (8), en la longitud del Gnonion al Gnathion con un valor aproximado de



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



**MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN**

(17.5%), el valor mínimo se adjudica al paciente séptimo en las longitudes entre el Antebrazo a la mano, el paciente que obtuvo más errores en las mediciones fue el Octavo (8), estos desfases en las mediciones pueden ser ocasionadas por factores humano a la hora de realizar la caracterización de las longitudes o una captura errónea del sistema al detectar los marcadores.





ANÁLISIS ECONÓMICO

Calculo de los costos de inversión:

Materia Prima (Hardware)					
Nombre	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total	Proveedor	Observaciones
Sensor Kinect	1	\$204,900	\$204,900	Microsoft	
Computador	1	\$1'900.000	\$1'900.000	Megacomputo	
Total:			\$2'104.900		





FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los recursos necesarios para la realización de este proyecto y los gastos imprevistos dentro del mismo, fueron asumidos por mi familia, como principal fuente de financiación. Los equipos de laboratorio y las instalaciones empleadas para la toma de datos fueron suministrados por el grupo de investigación GIBUP, ya que para el desarrollo del sistema era necesario trabajar en un espacio controlado en donde el paciente no presentara incomodidad.





ANÁLISIS ADMINISTRATIVO

La realización de este trabajo de grado estuvo a cargo del estudiante Héctor Marino Flórez Vera, del programa de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, bajo la orientación del MSc. Luis Enrique Mendoza.





ANÁLISIS DE PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO

La interfaz de mediciones antropométricas fue realizada pensando en la estética y presentación, fijando colores, rangos, tamaños y fuentes adecuadas de las gráficas y objetos participes de los paneles de cada interfaz.

En la presentación del informe escrito del trabajo de grado, se utilizó la normativa APA sexta edición vigente para la presentación de trabajos escritos, que garantiza sistematización, rigor y conocimiento de la estructura formal de un trabajo.





INFLUENCIA AMBIENTAL DEL TRABAJO

El sistema de adquisición de imágenes y el de acondicionamiento de los marcadores no genera ningún impacto negativo al medio ambiente, pero es importante tener en cuenta que estos implementos no son materiales biodegradables, por tanto requiere de un tratamiento especial en cuanto a su reciclaje para así evitar un impacto negativo al medio ambiente.

Para la implantación de los marcadores se usan adhesivos de superficie aunque estos desechos no son perjudiciales para la salud deben ser manejados prudentemente para su reúso y reciclaje.

El software realizado, por su naturaleza no representa riesgo alguno para el medio ambiente, no contiene efectos negativos en la sociedad.





CONCLUSIONES

- Se logró implementar el sistema de mediciones antropométricas aplicado al protocolo fonoaudiológico de la respiración, de manera satisfactoria, con el fin de presentar una herramienta de ayuda para el especialista en esta área de la salud, que le permitirá reducir tiempo y trabajo a la hora de realizar un diagnóstico.
- El Kinect es una buena herramienta óptima para realizar seguimientos al cuerpo humano, puesto que cuenta con avanzados algoritmos de detección de esqueleto. Para este proyecto además de la herramienta Kinect, se utilizaron marcadores corporales, con la finalidad de resaltar puntos de interés, dichos elementos sobresalen de la curvatura natural del cuerpo, hecho que dificultó el proceso de hallar la profundidad correcta de éstos, lo cual añadió un nivel de complejidad bastante alto al momento de obtener las coordenadas reales y poder finalmente adquirir medidas antropométricas con más precisión.
- De acuerdo a las tablas de porcentajes de error presentadas en este documento, se observa que existe un nivel diferente de desviación en las mediciones para cada plano estudiado; en algunos casos este indicador adquiere valores cercanos al 20% y en muchos otros no alcanza siquiera el 5%. Esto es un aliciente que impulsa a seguir mejorando el sistema hasta alcanzar una equidad en las predicciones del modelo.
- Las Técnicas de visión artificial y procesamiento de imágenes, en conjunto con algunas herramientas matemáticas, conformaron la sucesión de métodos adecuados para la consecución de este proyecto, además permitieron trabajar a la perfección con los marcadores y poder de esta manera obtener las medidas antropométricas de cada uno de los pacientes de prueba.
- Como ya se ha mencionado, las técnicas matemáticas que se utilizaron, contribuyeron a realizar los procedimientos de manera correcta, así, de esta forma poder llevar a cabo la tarea de reconocimiento de los marcadores de cada plano. Se pudo evidenciar una debilidad al momento de implantar los centroides en los marcadores, debido a que se presentaban algunas dificultades a la hora de calcular las mediciones en cada plano; es por esto que se incluyó una etapa de calibración, que permite que el sistema funcione en ambientes no controlados.
- Este software permite parametrizar, variables antropométricas en niños y adultos de diferentes edades, con el fin de establecer los rangos de medidas normalizados y poder sentar la base de mediciones clasificatorias para realizar una parametrización de las longitudes, y así poder crear un perfil antropométrico del sujeto por edades, en vista que dicha base de datos, aún no ha sido elaborada al día de hoy.





Bibliografía

- A. Jimeno, A. B. (2 de Diciembre de 2014). *aula2005*. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://www.aula2005.com>)
- Aedo, R. N. (2012). *Guía de evaluación postural*. Santiago, Chile: Universidad Duoc UC, Departamento de salud.
- Bonilla, D. N. (2010). *Sistema de reconocimiento de kanjis japoneses basado en procesamiento digital de imágenes aplicado a dispositivos móviles*. Cholula, Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.
- Calle, Á. S. (2005). *Aplicaciones de la visión artificial y a biometría informática*. 1ed. Madrid: Dykinson, S.L. Obtenido de <http://www.visiononline.es/es/actualidad-en-vision-artificial/la-vision-artificial-y-su-influencia-en-espana>
- CEETI. (Marzo de 2010). *EcuRed Conocimiento de todos y para todos*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2015, de http://www.ecured.cu/Visi%C3%B3n_Artificial
- Craig, L. (2002). *Manual de rehabilitación de la columna vertebral*. 2ed. 47p. Barcelona, España: Editorial Paidotribu.
- Cruz Mena, E. y. (2002). *Aparato respiratorio Fisiología y clínica*. 5a ed. Santiago: Mediterráneo, 323p.
- Dixon F, L. O. (2013). *Análisis Cuantitativo De Los Movimientos Articulares Del Cuerpo Humano Y Evaluación De La Postura Global A Nivel De La Columna Vertebral Humana Utilizando Visión Artificial*. Pamplona: Universidad de Pamplona.
- Doke, J. (04 de 12 de 2015). *MathWorks*. Obtenido de <http://www.mathworks.com/videos/creating-a-gui-with-guide-68979.html>
- Dóvzhik, M. (Diciembre de 2014). *OnlineMSchool*. Obtenido de http://es.onlinemschool.com/math/assistance/cartesian_coordinate/p_length/
- Emilio, J. (10 de junio de 2013). *Educación Física plus (EF+)*. Recuperado el 1 de noviembre de 2015, de <https://educacionfisicaplus.wordpress.com/2013/06/10/postura-corporal/>
- Esequiel E. Rodríguez Yañez, R. C. (2007). *Tips en Ortodoncia y sus secretos*. Editorial Amolca.
- Gabriel. (30 de Julio de 2015). *tecnodacta*. Obtenido de Grupo de Investigación en Robótica Autónoma del CAETI: <http://tecnodacta.com.ar/gira/category/slam/>
- Garavito, E. c. (2 de 2011). Recuperado el 3 de 11 de 2015, de Escuela colombiana de ingenieros Julio Garavito: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2956_antropometria.pdf
- Iñarra, I. O. (Junio de 2014). *Sistema de comercio electrónico para el sector textil*. *Sistema de comercio electrónico para el sector textil*. Lejona, País Vasco: Universidad del País Vasco.



Autor: Héctor Marino Flórez Vera
Director: Luis Enrique Mendoza



- John J. Sanabria, J. F. (2012). *Análisis Biomecánico De La Postura Mediante Técnicas Videogramétricas*. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander.
- Juan E. Salvatore, J. O. (22 de Julio de 2014 Guayaquil, Ecuador.). Detección de objetos utilizando el sensor Kinect. *Detección de objetos utilizando el sensor Kinect*. July 22 - 24, Guayaquil, Ecuador.
- Kevin Norton & Tim Olds. (1996). *Antropometrica*. Rosario,Argentina: Biosystem.
- Leonardo A Oviedo, D. G. (2013). *Análisis Cuantitativo De Los Movimientos Articulares Del Cuerpo Humano Y Evaluación De La Postura Global A Nivel De La Columna Vertebral Humana Utilizando Visión Artificial*. Pamplona, Colombia: Universidad de Pamplona.
- Libia O & Jesús C. (2013). Caracterización De Hábitos Orales En Una Muestra Poblacional De Santiago De Cali Entre Los Años 2005 Y 2012. *Revista Gastrohnutp*, Volumen 15 Número 2 Suplemento 1: S8-S12.
- Mézières, F. (1948). *Originalité de la Méthode Mézières*. Paris: Editions Maloine.
- Miñarro, P. A. (2009). *La postura corporal y sus patologías: implicaciones en el desarrollo del adolescente. prevención y tratamiento en el marco escolar*. Murcia, España.
- Molinero Díez, G. (2010). *SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES EN COLOR BASADA EN EL CRECIMIENTO DE REGIONES*. Sevilla, españa: Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11875/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera%252F3.Espacios+de+color.pdf>
- Physicaltech. (3 de Febrero de 2015). *Physicaltech*. Obtenido de Physicaltech: <http://www.adibas.es/>, <http://www.elperiodico.com/es/noticias/sanidad/programa-evalua-postura-corporal-con-rapidez-precision-3904685>
- Rafael González & Richard Woods & Steven Eddins. (2009). *Digital image processing using Matlab*. Gatesmark Publishing.
- S.A.B.I.A, S. A. (Diciembre de 2012). Vision artificial e interaccion sin mandos. Curaña, España.
- SAHRMANN, A. (2005). *Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento. 1ed. 55p*. Badalona: Editorial Paidotribu.
- Salgado, L. (3 de Mayo de 2007). *Visión Artificial:Fundamentos y Aplicaciones*. 28040 Madrid, Spain.
- Sandra, B. (2007). *Enfoque Fonoaudiologico del Respirador Bucal*. Buenos Aires, Argentina.
- Sillero, M. (06 de 2005). *Universidad Politécnica de Madrid*. Recuperado el 4 de 11 de 2015, de <http://ocw.upm.es/educacion-fisica-y-deportiva/kinantropometria/contenidos/temas/Tema-2.pdf>
- Sotelino, I. (4 de enero de 2012). *rpg-ignaciosotelino blogspot*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2015, de <http://rpg-ignaciosotelino.blogspot.com.co/>





MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN Y
DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA DE LA RESPIRACIÓN

Susanibal, F. (2014). *Protocolo de Evaluación Fonoaudiológica de la Respiración con Puntuación – PEFORP*. Peru.

UniversoFormulas. (marzo de 2015). *Teorema del coseno*. Obtenido de <http://www.universoformulas.com/maticas/trigonometria/teorema-coseno/#comments>

