



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# “SISTEMA ESCANER DE PIE CON TECNOLOGÍA 3D QUE PERMITA ANALIZAR LA HORMA DEL ZAPATO ADECUADO PARA LA ADAPTACIÓN ERGONÓMICA DEL DEPORTISTA”.

**Realizado por:**

Luis Andrés Tipán Guamán  
Danilo Raúl Toapanta Mora

**Revisado por:**

**Director:** Ing. Eddie Galarza



# AGENDA

**Planteamiento del Problema, Objetivos e Hipótesis**

**Descripción Tecnología 3D**

**Descripción de la adaptación Ergonómica del Deportista**

**Descripción del Proyecto**

**Desarrollo del Algoritmo**

**Análisis de Resultados y Comprobación de la hipótesis.**

**Conclusiones y Recomendaciones**



# PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA

- La elaboración de calzado en el mercado mundial ha presentado inconvenientes al momento de elegir una horma adecuada y exacta, para los deportistas de toda clase es una gran desventaja no contar con un calzado adecuado al momento de realizar alguna actividad física como el fútbol, básquet, atletismo, ciclismo, entre otros.
- El sector de calzado es el mas claro ejemplo de como empresas de los sectores tradicionales usan la tecnología y la innovación para aportar el valor añadido diferencial exigido para el mercado global. Pues la necesidad de la mayoría de personas es obtener una adaptación idónea al calzado y con ello llegar a cumplir todas sus expectativas tanto a nivel habitual como nivel deportivo.



# OBJETIVOS

## GENERAL

- Implementar un sistema escáner de pie con tecnología 3D que permita analizar la horma del zapato adecuado para la adaptación ergonómica de deportistas.

## ESPECÍFICOS

- Analizar los tipos de escáner de pie con tecnología 3D.
- Analizar las técnicas de escaneo para la toma de mediciones requeridas para el desarrollo de la horma de zapato.
- Desarrollar algoritmos que permitan un fotocopiado obteniendo medidas de la planta del pie.



# OBJETIVOS

## ESPECÍFICOS

- Diseñar e implementar la interfaz gráfico humano – máquina para la presentación del análisis de la horma de zapato adecuado para la adaptación ergonómica del deportista.
- Realizar pruebas necesarias para verificar su funcionamiento.
- Adquirir datos apropiados para el almacenamiento respectivo.



# HIPÓTESIS

¿La implementación del sistema escáner de pie con tecnología 3D permitirá analizar la horma del zapato adecuado para la adaptación ergonómica del deportista?.



# TECNOLOGÍA 3D

- La tecnología 3d son un conjunto de dispositivos tecnológicos que simulan una imagen estereoscópica, dando una sensación de realidad a la persona. Esta tecnología permite adquirir escenas reales es decir tridimensionales para poder ser mostradas mediante imágenes 3d.
- El término 3D por computadora se refiere a imágenes o trabajos que son creados con la ayuda de un computador y de programas especiales. La perspectiva es la representación de estos objetos en tres dimensiones sobre una estructura plana.



# SOFTWARE DE PROCESAMIENTO 3D

Los sistemas de procesamiento de imágenes, llamados también sistemas de visión o Machine Vision, han logrado grandes éxitos en los últimos años en diferentes campos de aplicación industriales y formado una amplia gama de sistemas. Los sistemas todavía dominantes son los bidimensionales y los sensores de visión, de técnicas más sencillas. Pero el avance de las aplicaciones 3D es imparable





# ESCÁNER DE PIE

- Un escáner 3D es un dispositivo de imagen óptica de precisión diseñado específicamente para capturar la forma tridimensional del aspecto del pie humano con el objetivo de diseñar hormas personalizadas.
- En la actualidad existen escáneres 3d con altas limitaciones y prestaciones como son: GO, HANDY, METRA, AMETEK, las cuales al momento de adquirirlas presentan softwares propios de la empresa para adquisición de imágenes 3D.



# CÁMARA KINECT

- Kinect es una cámara de profundidad, compuesta de un emisor infrarrojo y una cámara. Una cámara normal produce imágenes en los que cada pixel registra el color de luz que rebota en el objeto; mientras que Kinect registra la distancia de los objetos que se encuentran en la escena creando una imagen de profundidad. Por lo cual Kinect utiliza luz infrarroja que no capta el aspecto de los objetos sino su posición dentro de la escena. Dicha imagen se muestra en blanco y negro con poca distorsión siendo sus partes más cercanas claras y las oscuras las alejadas, ayudando a obtener imágenes 3D



# ADAPTACIONES ERGONÓMICAS

- La ergonomía es el estudio del entorno de trabajo a fin de mejorar sus condiciones, adaptando sus puestos y maquinarias, favoreciendo la buena postura y las conductas saludables y seguras. De no ser así, el desgaste, además de provocar peligrosos accidentes laborales, produce entre otras consecuencias, fuertes dolores de espalda, así como también de cuello. Además se produce la inflamación de muñecas, piernas y brazos.



# ERGONOMÍA EN EL DEPORTE

- La ergonomía, al ser uno de los campos más estudiados en el mundo deportivos, se define como la ciencia que trata el diseño de diversos materiales que coinciden con las características fisiológicas, anatómicas y psicológicas, buscando la mutua adaptación del hombre, la máquina y el medio donde es desarrollada. La ergonomía es el conjunto de estudios encaminados a mejorar el rendimiento y la salud del deportista a través de diversos métodos



# CARACTERÍSTICAS DEL CALZADO PARA LA ERGONOMÍA DE UN DEPORTISTA

- Dimensiones
- Peso
- Estabilidad
- Generación y amortiguación de impactos
- Adherencia al piso
- Forros térmicos
- Forros absorbentes
- Ajuste a nivel de tobillo
- Material de construcción



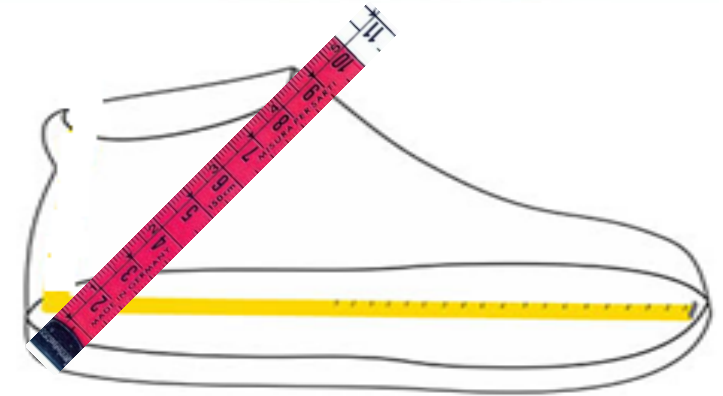
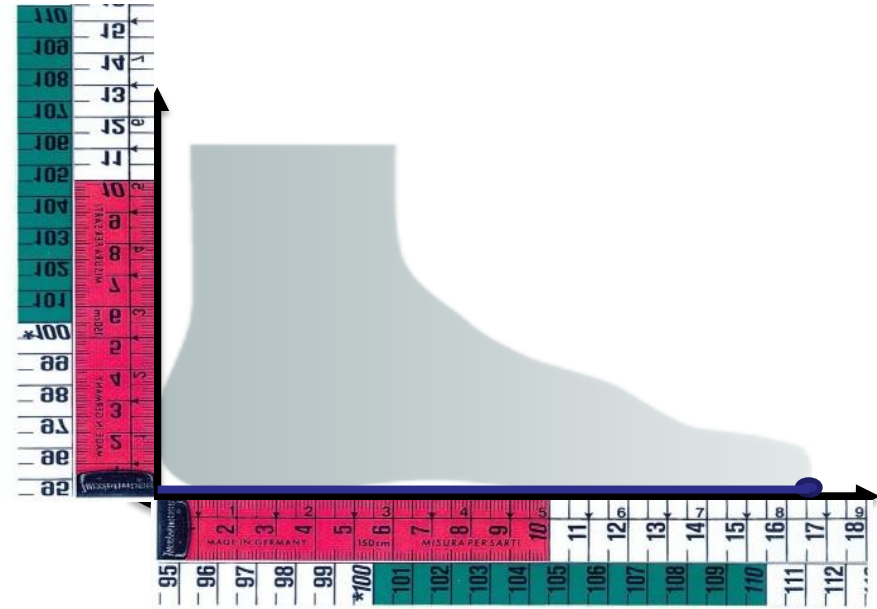
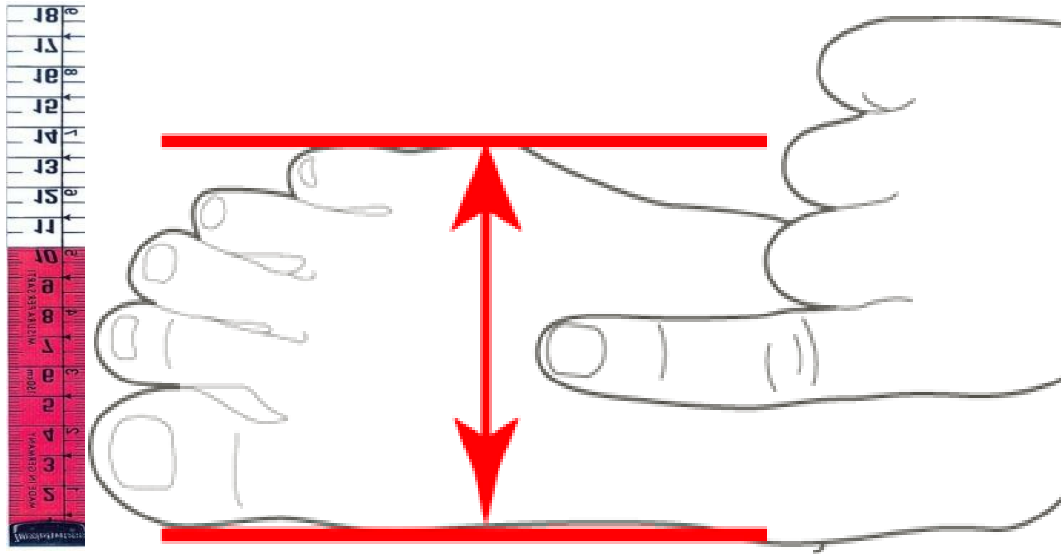
# CALZADO EN EL DEPORTISTA

- La base en la cual se sustenta todo el ciclo dinámico de la marcha son los pies, por ello es importante el cuidado y el uso adecuado del calzado en un deportista. Si el calzado deportivo no ajusta correctamente y no está correctamente diseñado para el deporte, aumentará la posibilidad de lesiones, a su vez puede disminuir el rendimiento de un atleta.



# MEDIDAS DEL PIE HUMANO

- Existe una infinidad de formas y medidas imaginables de un pie. La longitud y la anchura determinan la forma de un zapato en el pie: las medidas del pie y el zapato tienen que coincidir para un resultado óptimo. Para realizar la medición de las principales partes del pie se tiene un proceso para ello se detalla una de las formas de como adquirir las medidas de un pie.



# HORMAS DE CALZADO

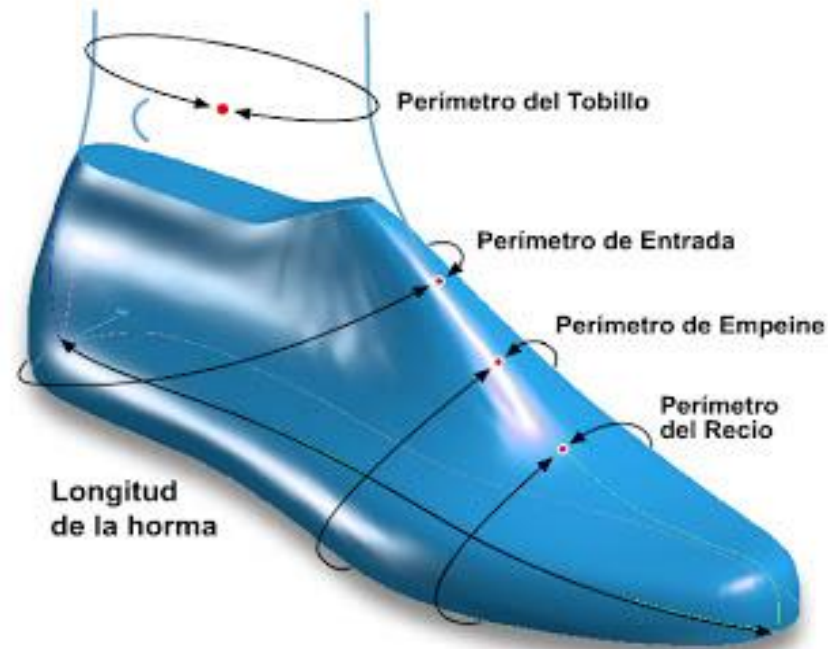
- La horma de un calzado es una copia abstracta del pie humano, cumple con la función de sustituir el pie durante la confección del zapato para actuar como superficie de trabajo en la que los fragmentos del pie lisos puedan adquirir forma práctica. Actualmente la fabricación del calzado se encuentra automatizado en todas sus fases siendo una de las más importantes el modelado de la horma





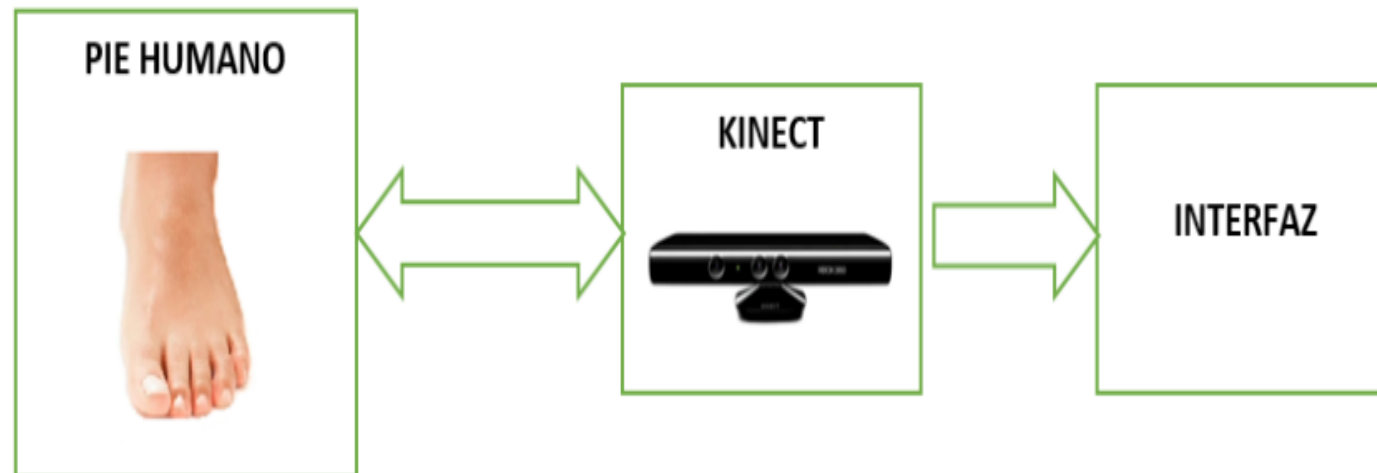
# DIMENSIONES DE LA HORMA

- Hay que tener en cuenta que la horma no es una reproducción exacta de la forma del pie, sino un aproximado basado en la forma y sus medidas antropométricas y es modificada frecuentemente para ajustarse a la demanda de la marca, moda, y la comodidad de la persona.



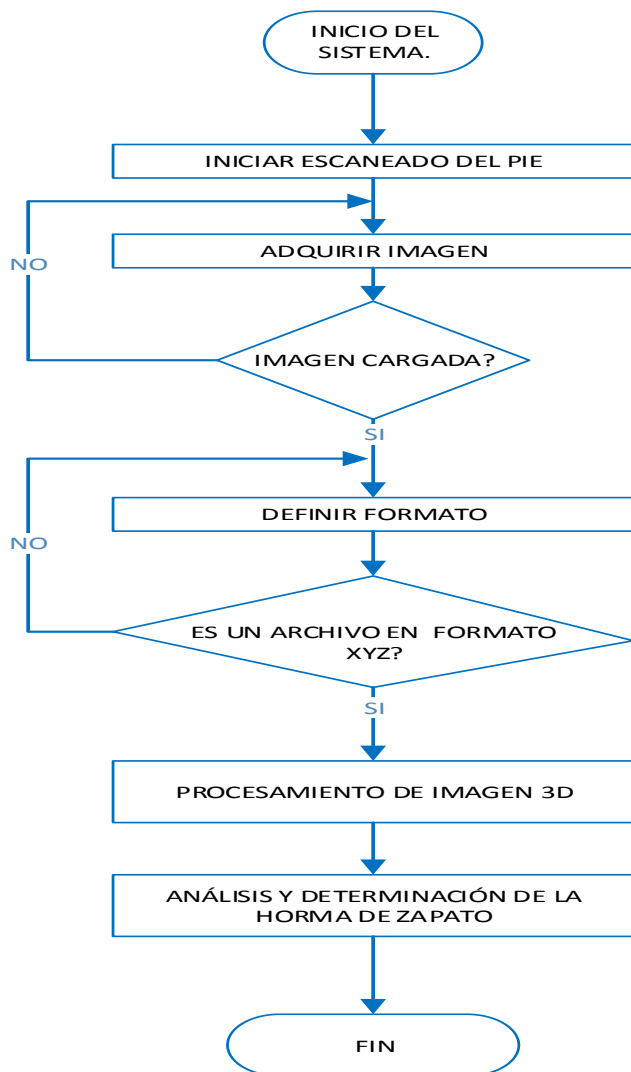
# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- Un escáner 3D técnicamente es capaz de obtener datos en las coordenadas x, y, z de alguna masa predefinida. Para escanear al pie humano se desarrolla un sistema mediante una cámara Kinect que proyecta luz infrarroja para detectar la profundidad del objeto o sujeto el cual refleja hacia los sensores, esta información es enviada a una computadora que detecta al objeto en tiempo real para su debido tratamiento

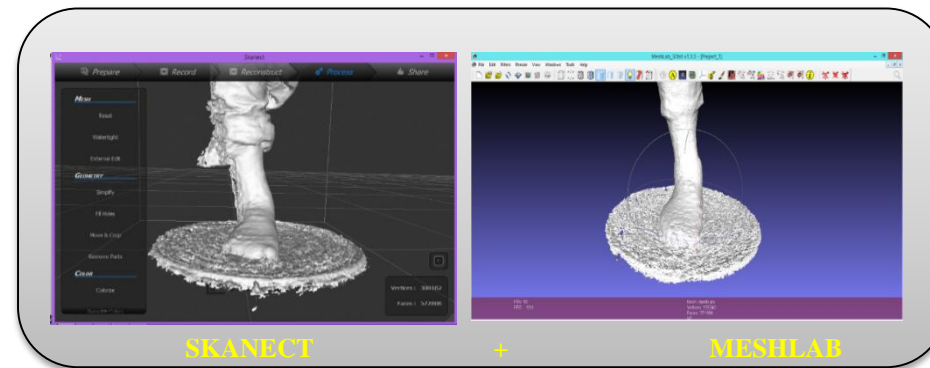


# ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN

Diagrama de flujo del sistema para obtener las dimensiones del pie.



ADQUISICIÓN DE IMAGEN



ESCANEO DE IMAGEN



E

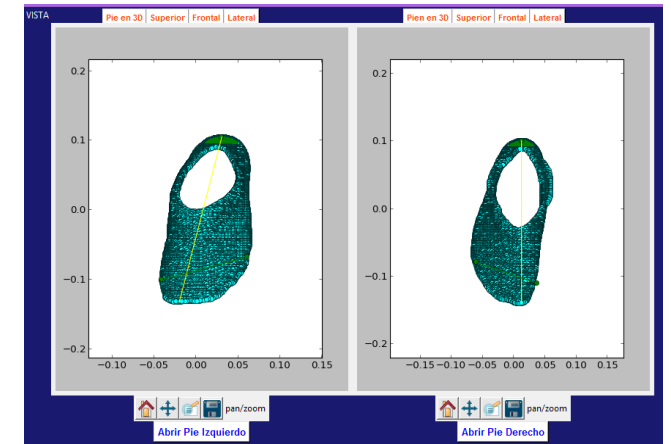
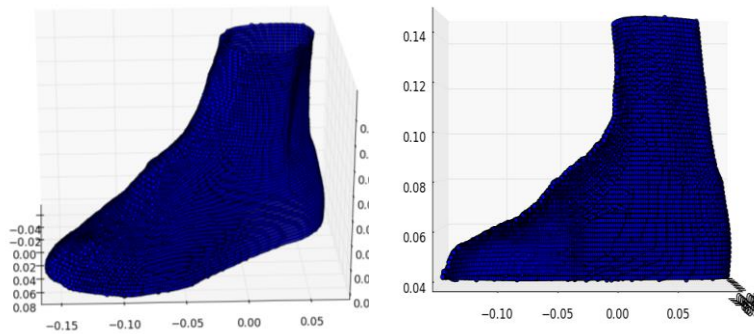
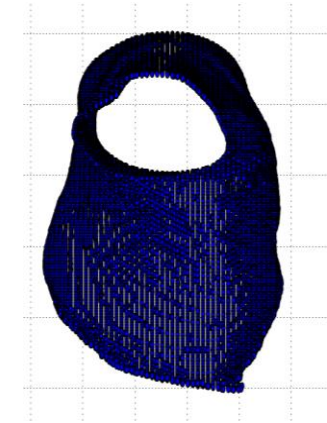
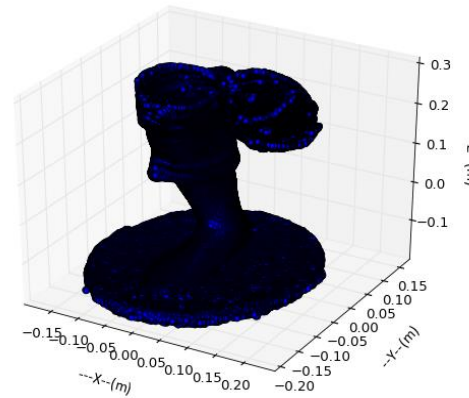
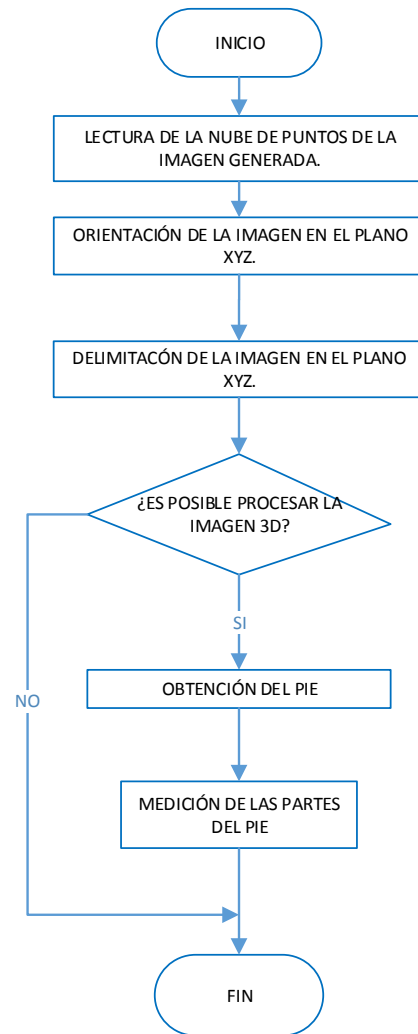
PROCESAMIENTO E INTERFAZ



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

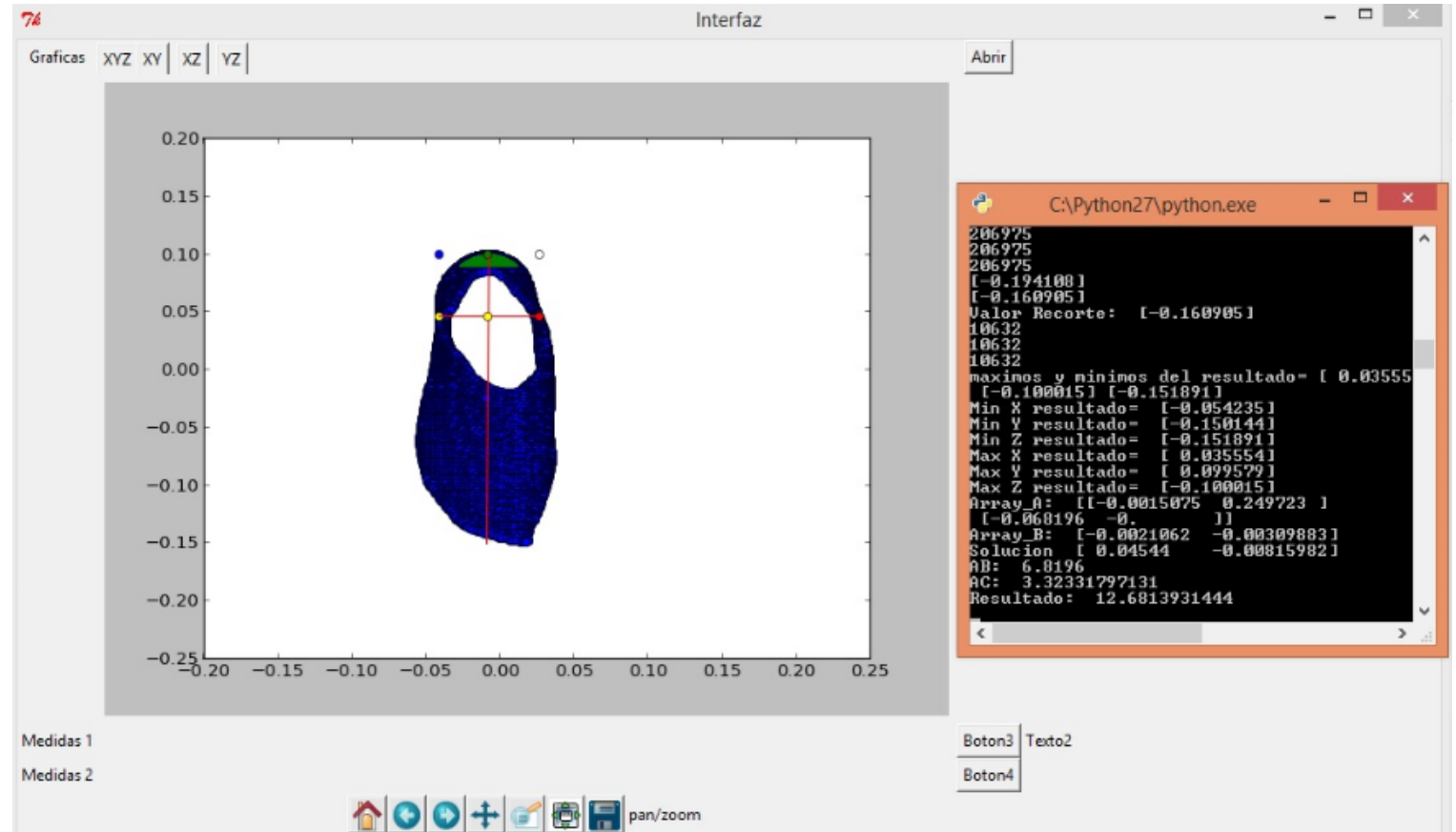
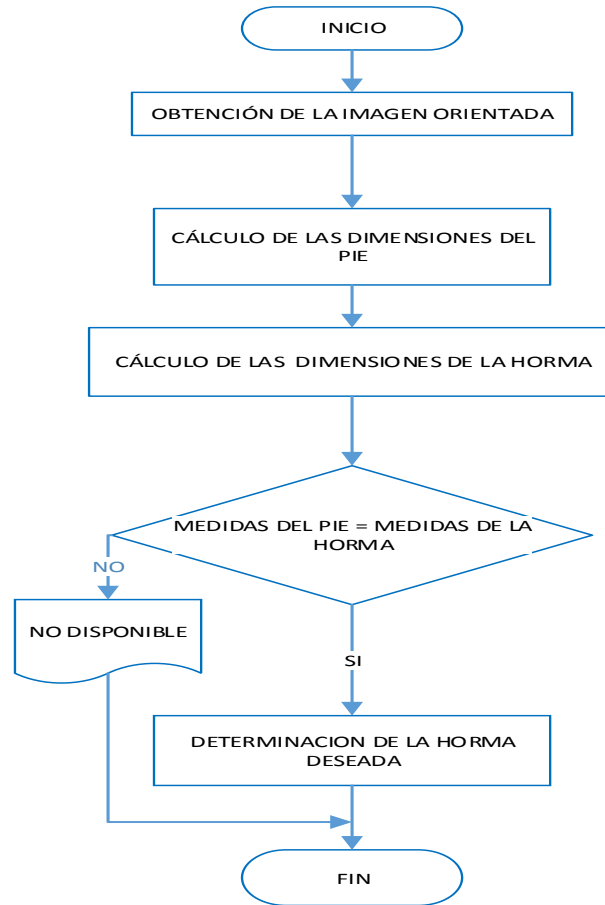
# ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN

Diagrama de flujo para el procesamiento de la imagen.



# ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN

Diagrama de flujo para la determinación de las medidas de la horma de zapato.



# INTERFAZ GRÁFICA

74 ESPE-L Ing. ELECTRONICA E INSTRUMENTACION

VISTA Pie en 3D Superior Frontal Lateral Pien en 3D Superior Frontal Lateral

**Datos Clientes**

Nombres:  **Buscar Usuario**

Apellidos:

CI:  **Exportar Datos**

Altura:

Peso:  **Guardar Datos**

Genero:

Edad:

Telefono:  **Borrar Datos**

**Pie Izquierdo** **Pie Derecho**

Longitud del Pie:  Longitud del Pie:

Ancho de Dedos:  Ancho de Dedos:

Entrada del Pie:  Entrada del Pie:

Disponibile **Disponibile**

**Medir Manualmente**

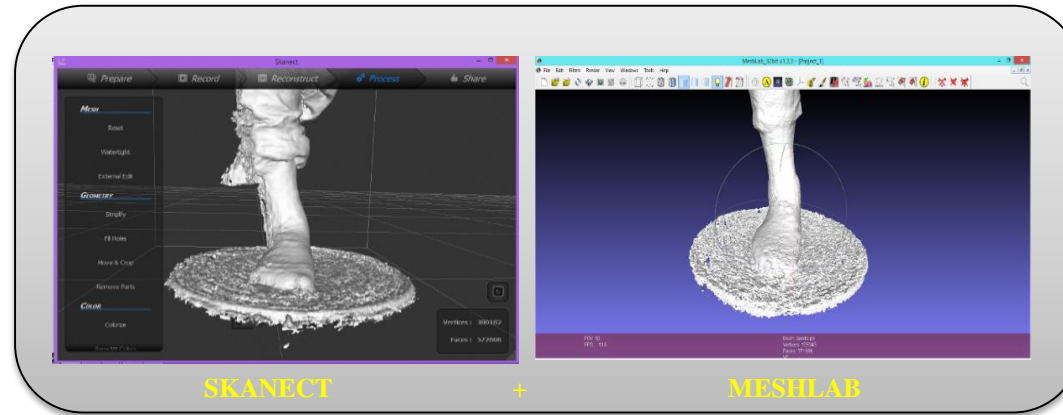
**Borrar Medida**

**Abrir Pie Izquierdo** **Abrir Pie Derecho**



# INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

## ADQUISICIÓN DE IMAGEN



## ESCANEO DE IMAGEN



PIE HUMANO + ESCANER 3D

E

## PROCESAMIENTO E INTERFAZ



DIMENSIONES DEL PIE



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Las pruebas de funcionamiento son las que ayudan a determinar y establecer las medidas necesarias para realizar un análisis de las hormas de un calzado adecuado. Se realizan pruebas en la obtención de la imagen y en la obtención de las medidas del pie. Para ello se cuenta con una muestra de 62 usuarios entre niños y adultos los cuales colaboraron en el desarrollo del presente proyecto de investigación.



a) Pie izquierdo



b) Pie derecho

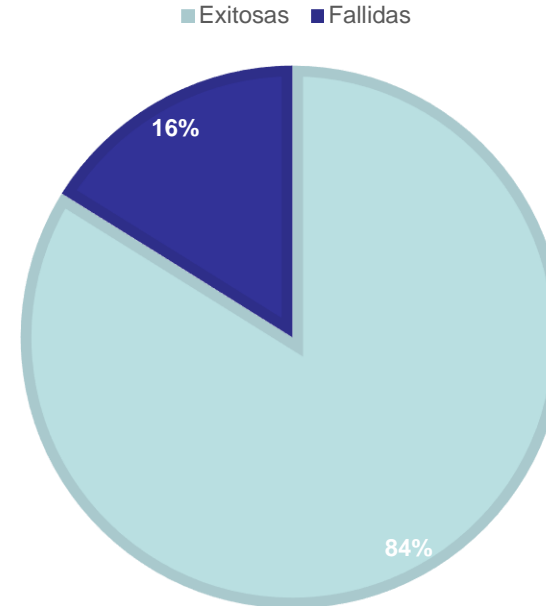




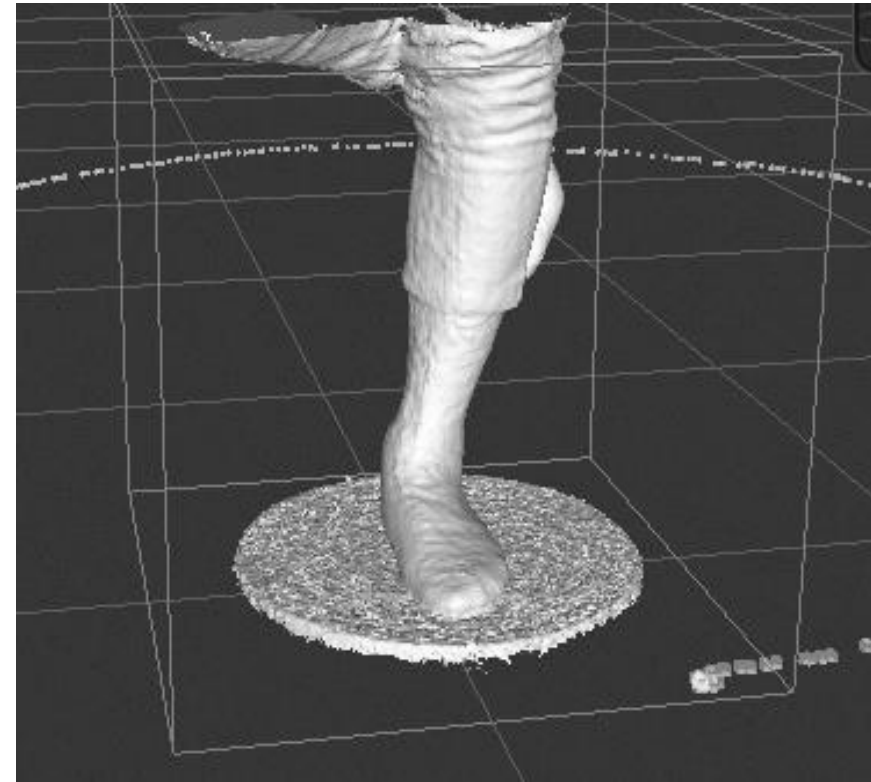
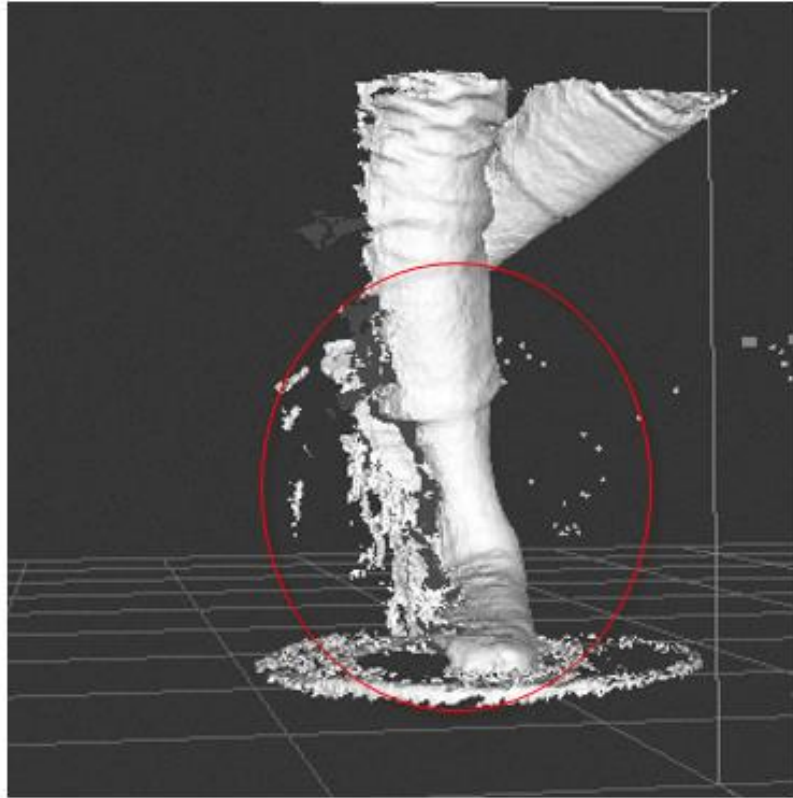
# PRUEBA DEL ESCÁNER

Tipos de usuarios	Número de Usuarios	Pruebas del escáner	
		Exitosas	Fallidas
Niños	10	3	7
Adultos	52	49	3
Total	62	52	10

## PORCENTAJE DE LAS PRUEBAS DEL ESCANEO



# IMÁGENES ERRONEAS VS IMÁGENES CORRECTAS



# PRUEBAS A USUARIOS

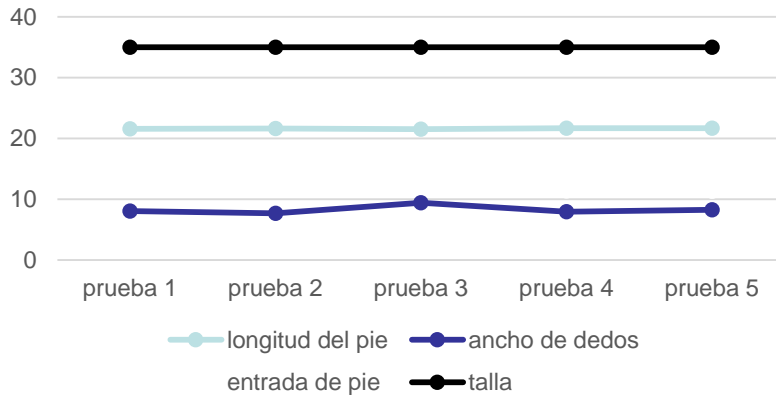
Para poder saber si el sistema realizado es confiable se realizaron pruebas a usuarios se les escanea 5 veces el pie izquierdo mostrando los datos generados por sistema, esto ayuda a tener las medidas de la longitud del pie, ancho de dedos y entrada de pie o empeine para poder comprobar si el sistema posee o no algún error.

PIE IZQUIERDO						
Usuario	Medida	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
<b>USUARIO 1</b>	longitud del pie	21,56	21,64	21,53	21,65	21,68
	ancho de dedos	8,03	7,65	9,41	7,96	8,27
	entrada de pie	11,99	12,31	12,28	11,37	11,32
	talla	35 A	35 A	35 A	35 A	35 A
<b>USUARIO 2</b>	longitud del pie	22,78	22,67	22,8	22,61	22,67
	ancho de dedos	9,99	9,87	9,61	9,49	10,59
	entrada de pie	13,15	13,96	12,78	11,86	15,47
	talla	36 A	36 A	36 A	36 A	36 A
<b>USUARIO 3</b>	longitud del pie	23,66	23,64	23,77	23,58	23,66
	ancho de dedos	10,17	11,49	10,85	11,52	11,68
	entrada de pie	12,72	12,83	13,64	13,06	12,88
	talla	38 B	38 B	38 B	38 B	38 B

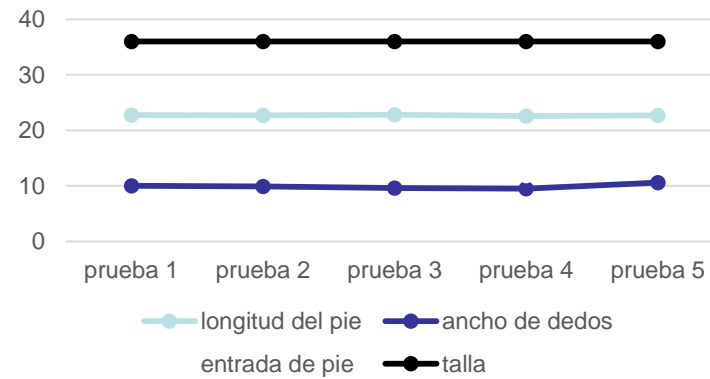


# Tendencias de los datos de las tres personas que fueron escaneadas cinco veces

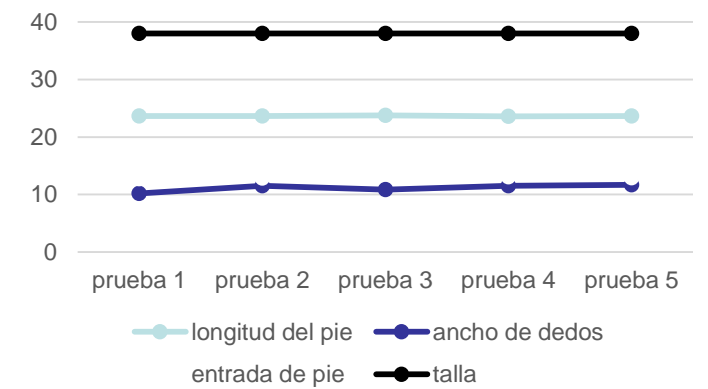
## Valores del pie izquierdo usuario 1



## Valores del pie izquierdo usuario 2



## Valores del pie izquierdo usuario 3



# PRUEBAS A USUARIOS

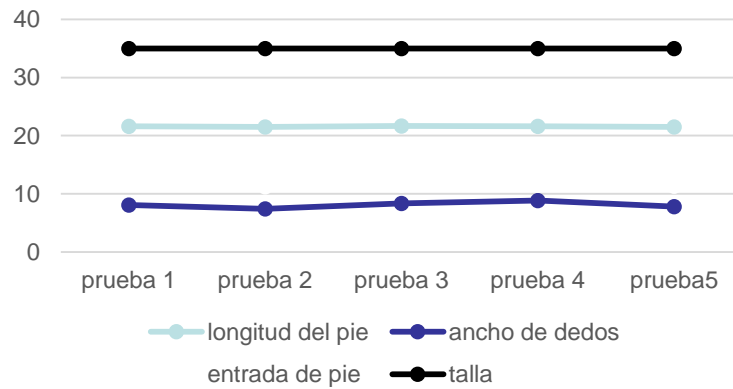
Del mismo modo para determinar el funcionamiento del sistema, se realizaron las cinco pruebas al pie derecho de los tres usuarios anteriores, teniendo la longitud del pie, ancho de dedos y entrada de pie o empeine teniéndose una pequeña diferencia en los valores obtenidos.

PIE DERECHO						
USUARIO	Medida	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
USUARIO 1	longitud del pie	21,62	21,51	21,69	21,62	21,51
	ancho de dedos	8,09	7,42	8,35	8,87	7,82
	entrada de pie	12,24	11,21	11,55	11,5	11,31
	Talla	35 A	35 A	35 A	35 A	35 A
USUARIO 2	longitud del pie	22,55	22,43	22,81	22,72	22,96
	ancho de dedos	9,47	9,12	9,47	9,19	8,89
	entrada de pie	12,5	13,63	12,59	12,43	12,55
	Talla	36 A	36 A	36 A	36 A	36 A
USUARIO 3	longitud del pie	23,72	23,67	23,57	23,68	23,75
	ancho de dedos	10,04	9,25	10,46	10,55	10,21
	entrada de pie	13,18	12,57	12,69	13,35	12,92
	Talla	38 B	38 B	38 B	38 B	38 B

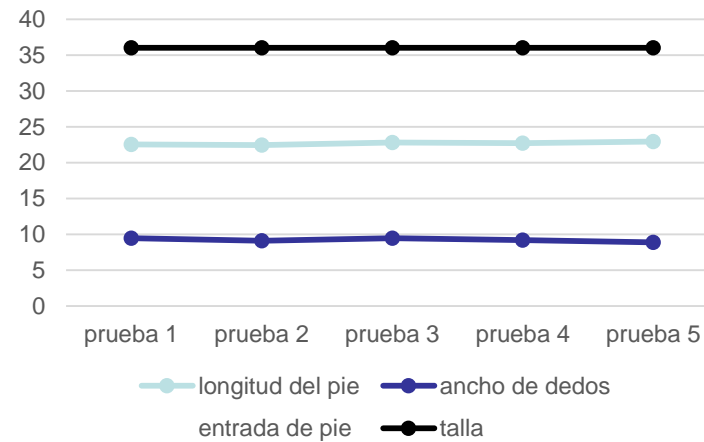


# Tendencias de los datos de las tres personas que fueron escaneadas cinco veces

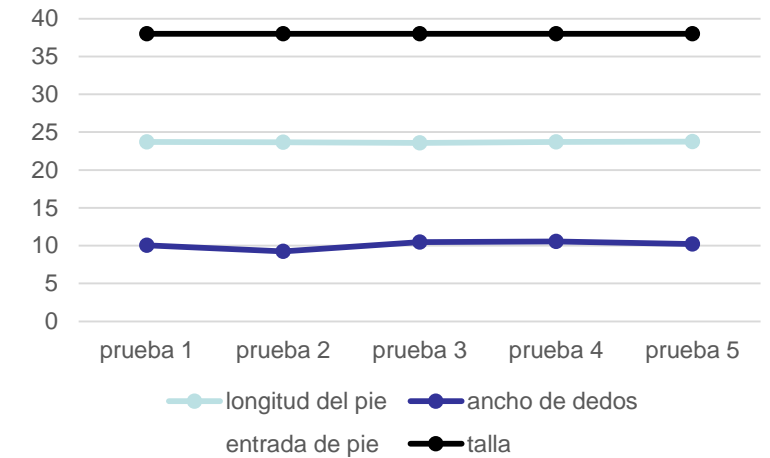
## Valores del pie derecho usuario1



## Valores del pie derecho usuario 2



## Valores del pie derecho usuario 3



# Comprobación de la hipótesis.

- Una vez concluido el proyecto de investigación se consiguió obtener resultados que permiten establecer la comprobación de la hipótesis planteada.

Escaneo	Número de pruebas		Total
	Exitosas	Fallidas	
Pie Derecho	51	1	52
Pie Izquierdo	51	1	52
Total	102	2	104



# Comprobación de la hipótesis.

- El nivel de confianza para que un sistema sea aceptado comúnmente es del 95%, esto quiere decir que el margen de error porcentual debe ser menor al 5% lo cual hace que un sistema sea estadísticamente aceptable.
- Mediante los cálculos que se obtiene entre los valores de referencia y los generados por el sistema, se tiene un error del 1,92%, por lo cual se puede deducir que el sistema si permitirá analizar la horma del zapato adecuado para la adaptación ergonómica del deportista.

<i>Valor de referencia</i>	<i>Valor aproximado</i>	<i>Error absoluto</i> <i>= valor aproximado</i> <i>- valor de referencia</i>	<i>Error relativo</i> <i>=</i> $\frac{\text{error absoluto}}{\text{valor de referencia}}$	<i>Error relativo %</i> <i>= error relativo x100</i>
104	102	$ 102 - 104  = 2$	$\frac{2}{104} = 0,0192$	1,92%





# CONCLUSIONES

- El Sistema escáner de pie con tecnología 3D para la adaptación ergonómica del deportista presenta excelentes resultados ya que al determinar las dimensiones de los pies de una persona se puede obtener dimensiones más reales por las ventajas frente a la toma de medidas tradicionales con un sistema manual.
- El sensor de Microsoft Kinect (Xbox 360) proporciona imágenes bastantes fiables en tres dimensiones siempre y cuando factores de luminosidad externos no afecten a la recepción de la imagen, por falta de reflexión de la malla de puntos de infrarrojo; por lo cual si no presenta ninguna perturbación, el dispositivo muestra una salida muy confiable.



# CONCLUSIONES

- La utilización del software Python permite la realización de algoritmos de programación para la obtención de la imagen, adquisición y determinación de las medidas del pie al procesar imágenes en forma tridimensional.
- El proyecto desarrollado cumple con los requerimientos establecidos para el análisis de la horma de zapato adecuado para la adaptación ergonomía del deportista teniendo una alta confiabilidad al momento de determinar las medidas de los pies mediante el sistema escáner con tecnología 3D.



# RECOMENDACIONES

- Al momento del proceso de escaneo, el usuario debe sujetarse moderadamente de la máquina giratoria, tratando de provocar el menor movimiento posible para no tener fallas en la adquisición de la imagen escaneada 3D.
- Debido a que se utiliza una máquina giratoria, es recomendable que en el instante del escaneo no existan interrupciones al momento de adquirir la imagen en el software Skanect, esta situación hará que se pierdan datos y la imagen no será confiable para el análisis de la determinación de las medidas de la horma del calzado.



# RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar una máquina de impresión en 3D con las medidas obtenidas en este proyecto, esto ayudará a las obtenciones de las hormas de zapato personalizadas por los usuarios, dando mayor comodidad al momento de adquirir un calzado deportivo.
- En proyectos futuros se recomienda realizar un proceso más estable al momento del escaneo mediante la automatización de la máquina giratoria y con un escáner de mayores prestaciones.



# GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA