



## **DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: “DESARROLLO DE UN SISTEMA NO INVASIVO BASADO  
EN SEGUIMIENTO DE LA POSICIÓN DE OJOS PARA LA  
APLICACIÓN DE TEST PSICOLÓGICOS”**

**AUTOR: VERÓNICA ELIZABETH LUNA SALGUERO**

**DIRECTOR: ING. DAVID RIVAS MSc**

**LATACUNGA**

**2017**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DESARROLLO DE UN SISTEMA NO INVASIVO BASADO EN SEGUIMIENTO DE LA POSICIÓN DE OJOS PARA LA APLICACIÓN DE TEST PSICOLÓGICOS”** realizado por la señorita **VERÓNICA ELIZABETH LUNA SALGUERO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita **VERÓNICA ELIZABETH LUNA SALGUERO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Julio del 2017.

ING. DAVID RIVAS MSc.

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **VERÓNICA ELIZABETH LUNA SALGUERO**, con cédula de ciudadanía N° 050363927-0; declaró que el trabajo de titulación denominado “**DESARROLLO DE UN SISTEMA NO INVASIVO BASADO EN SEGUIMIENTO DE LA POSICIÓN DE OJOS PARA LA APLICACIÓN DE TEST PSICOLÓGICOS**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es autoría propia, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, Julio del 2017.**

Verónica Elizabeth Luna Salguero

C.C: 0503639270



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **VERÓNICA ELIZABETH LUNA SALGUERO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación **“DESARROLLO DE UN SISTEMA NO INVASIVO BASADO EN SEGUIMIENTO DE LA POSICIÓN DE OJOS PARA LA APLICACIÓN DE TEST PSICOLÓGICOS”** cuyo contenido, ideas y criterios es propia autoría y responsabilidad.

**Latacunga, Julio del 2017.**



Verónica Elizabeth Luna Salguero

C.C: 0503639270

## DEDICATORIA

Dedicado a Dios y mi familia que me han apoyado en todo momento, de manera especial quiero dedicar a mis padres Washington y Silvia que gracias a su esfuerzo, sacrificio y consejos supieron encaminarme por el camino del bien para lograr cumplir una meta más. Y me enseñaron que las cosas no siempre son fáciles, que hay que luchar y ser perseverante. A mi hermana Mabel que ha estado siempre brindándome su amistad y apoyo.

Y sé que por motivos de la vida, hoy físicamente ya no están a mi lado pero siempre están presente en mi corazón abuelito Enrique y tía Lola; sé que desde donde estén compartirán esta alegría porque se han convertido en mis ángeles guardianes. Que estarán muy contentos de saber que cumplí una etapa más que ustedes estaban muy seguros que lo lograría.

Vero

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. David Rivas por su apoyo incondicional en el proceso de realización del proyecto, guiándome con sus enseñanzas y conocimientos. De igual manera al Ing. Marcelo Álvarez por compartir sus saberes para fortalecer el desarrollo del proyecto.

A los integrantes del Laboratorio de Investigación por compartir estos meses, que con el pasar del tiempo se ha fortalecido los lazos de amistad.

A mis profesores que supieron impartir los conocimientos necesarios para poder completar mi formación universitaria.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, por acogerme en este campo del saber convirtiéndose en mi segundo hogar, lugar donde compartí anécdotas con mis amigos que se quedan guardadas en el fondo de mi corazón.

Vero

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

## CAPÍTULO I

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.    Problema .....	1
1.1.    Antecedentes.....	1
1.2.    Planteamiento del problema .....	2
1.3.    Justificación.....	3
1.4.    Importancia.....	3
1.5.    Objetivos .....	4
1.5.1    Objetivo General.....	4
1.5.2    Objetivos Específicos.....	4

## CAPÍTULO II

<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1    Fundamentación Teórica.....	6
2.2    Psicología.....	6
2.2.1    Historia y Evolución de la Psicología.....	8

2.3	Sensores Oculares .....	10
2.4	Eye Tracking.....	13
2.5	Tobii Eye Tracker 4C.....	18
2.6	Unity .....	21
2.7	Matlab.....	21
2.8	Test de evaluación en psicología .....	22
2.9	Tipos de test.....	25
2.9.1	Test de Wechsler (WAIS) .....	25
2.9.2	Test de Kaufman .....	25
2.9.3	Test de Raven .....	26
2.9.4	Test de Lectura.....	26
2.9.5	Test de siluetas para detección de anorexia .....	27
2.10	Selección de componentes para la evaluación.....	28
2.10.1	Mapas de calor .....	28
2.10.2	Seguimiento de trayectorias al movimiento de ojos.....	29

### **CAPÍTULO III**

	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>32</b>
3.1	Desarrollo del sistema .....	32
3.1.1	Arquitectura de la herramienta .....	32
3.1.2	Funciones estáticas de la Interfaz de Programación .....	33
a.	Configuración capa Gaze Focus .....	34
b.	Uso de datos “Gaze Point” .....	34
c.	Icono de presencia de usuario y seguimiento de la mirada .....	36
d.	Configuración del sistema y de estados .....	38
3.2	Desarrollo estadístico .....	39
3.2.1	Obtención de las coordenadas x-y en Unity .....	39
3.2.2	Interfaz de usuario en Matlab .....	40
3.2.3	Gráficas de Trayectorias .....	41
3.2.4	Estimación de Densidad de Kernel.....	43
3.2.5	Curva de nivel.....	44



**CAPÍTULO IV**

<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	45
4.1 Aplicación de test psicológico.....	45
4.2 Análisis de los resultados .....	46
4.2.1 Pruebas del sistema .....	47
4.2.2 Pruebas escritas vs pruebas del sistema .....	47
4.2.3 Distancia de interacción .....	53
4.2.4 Pruebas mediante el uso de lentes .....	55
4.2.5 Usabilidad del sistema.....	56
4.3 Discusión de resultados .....	56
4.4 Comprobación de la hipótesis .....	57

**CAPÍTULO V**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	58
5.1 Conclusiones.....	58
5.2 Recomendaciones.....	59

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	60
---	----

<b>ANEXOS</b> .....	63
---------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Sensor Ocular mediante sensado invasivo .....	11
Figura 2	Sensor ocular mediante sensado no invasivo .....	12
Figura 3	Sensor ocular mediante potenciales eléctricos .....	12
Figura 4	Enfoque de la mirada de un individuo .....	13
Figura 5	Uso del eye tracking enfocado a uso comercial .....	14
Figura 6	Eye tracking enfocado a uso en personas discapacitadas .....	15
Figura 7	Eye tracking con equipo montado en la cabeza .....	17
Figura 8	Gafas de eye tracking. ....	17
Figura 9	Eye tracking con movimiento ocular en la distancia .....	18
Figura 10	Tobii Eye Tracker 4C.....	19
Figura 11	Estructura del sensor Tobii.....	19
Figura 12	Diagrama de gráficas que se obtienen del software Matlab .....	22
Figura 13	Representación de una analogía.....	26
Figura 14	Manera de deducir dislexia fonológica .....	27
Figura 15	Imagen utilizada en el test de siluetas.....	28
Figura 16	Mapa de calor.....	29
Figura 17	Gráfica de trayectorias .....	30
Figura 18	Arquitectura de la herramienta .....	32
Figura 19	Indicador del correcto funcionamiento del sensor ocular .....	33
Figura 20	Explicación gráfica del componente GazePoint .....	35
Figura 21	Icono que representa la ausencia de usuario.....	37
Figura 22	Icono de ausencia de usuario en la pestaña inicio .....	37
Figura 23	Burbuja que indica la presencia de usuario.....	38
Figura 24	Icono de presencia del rastreador ocular .....	38
Figura 25	Pantalla de inicio de la interfaz.....	39
Figura 26	Valores de las posiciones x,y .....	40
Figura 27	Interfaz en el software Matlab .....	41
Figura 28	Gráfica de los valores en 2D .....	41
Figura 29	Diagrama de bloques obtención gráfica 2D.....	42
Figura 30	Gráfica de las trayectorias en etapas consecutivas 3D .....	42
Figura 31	Diagrama de bloques obtención gráfica 3D.....	43
Figura 32	Gráfica de la estimación de densidad de Kernel .....	43
Figura 33	Diagrama de bloques obtención gráfica función de densidad de probabilidad.....	44
Figura 34	Gráfica por curva de nivel.....	44
Figura 35	Gráfica del test de siluetas .....	45
Figura 36	Análisis para la obtención del valor de desplazamiento .....	48
Figura 37	Histograma de valores en los desplazamientos obtenidos.....	50

Figura 38	Histograma de los valores absolutos de desplazamiento.....	51
Figura 39	Distancia de interacción .....	53
Figura 40	Distancia existente del sensor al ojo humano .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Emociones que transmiten los colores .....	7
Tabla 2	Comparativa equipos de Eye Tracking .....	16
Tabla 3	Aplicaciones de eye tracking .....	18
Tabla 4	Ventajas y Desventajas del uso del Tobii Eye Tracker 4C .....	20
Tabla 5	Características que se enfocan en un test .....	24
Tabla 6	Preguntas utilizadas en el cuestionario SUS .....	31
Tabla 7	Escala de evaluación SUS .....	31
Tabla 8	Preguntas del test.....	46
Tabla 9	Respuestas test escrito vs el sistema.....	48
Tabla 10	Valores de desplazamiento entre las respuestas .....	49
Tabla 11	Valores discretos de los desplazamientos entre respuestas .....	49
Tabla 12	Escala cualitativa de los valores de desplazamiento .....	50
Tabla 13	Resultado de condición del grupo 2 .....	52
Tabla 14	Relación de respuestas del grupo 2 .....	52
Tabla 15	Relación de cada pregunta de los usuarios.....	53
Tabla 16	Longitud de cada usuario en los experimentos .....	54
Tabla 17	Número de usuarios que usan lentes en los experimentos .....	55

## RESUMEN

El trabajo de titulación tiene como finalidad el desarrollo de un sistema interactivo, enfocado a la aplicación de test psicológicos mediante el uso de un sensor ocular no invasivo, cuyo objetivo es evaluar la posición de los ojos. Esta cualidad proporciona información adicional que el paciente por alguna causa no pueda informar al momento de realizar el test, y a su vez el psicólogo no puede observar. El sistema se encuentra desarrollada en Unity 3D, donde se visualiza el valor de las coordenadas x-y obtenidas por el sensor ocular. El análisis estadístico y la interfaz de usuario para el tratamiento de los datos obtenidos, se realiza en el software matemático Matlab aplicando el lenguaje de programación propio de la herramienta, en el que se determina las gráficas de trayectorias 2D y 3D, así como la gráfica de estimación de densidad y el mapa de calor.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **SENSORES OCULARES NO INVASIVOS**
- **TEST PSICOLÓGICOS**
- **POSICIONAMIENTO DE LOS OJOS**

## **ABSTRACT**

The aim of the titulation work is the development of an interactive system, focused on the application of psychological tests through the use of a no invasive ocular sensor, whose objective is to evaluate the position of the eyes. This quality provides additional information that the patient for some reason can not inform at the time of the test, and in turn the psychologist can not observe. The system is developed in Unity 3D, where the value of the x-y coordinates obtained by the ocular sensor is displayed. The statistical analysis and the user interface for the treatment of the data obtained is performed in Matlab mathematical software by applying the tool's own programming language, which determines the graphs of 2D and 3D trajectories, as well as the graph Density estimation and heat map.

### **KEYWORDS:**

- **NO INVASIVE OCULAR SENSOR**
- **PSYCHOLOGICAL TESTS**
- **EYE TRACKING**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1. Problema

#### 1.1 Antecedentes

La psicología es evocar a una ciencia del alma; al decir de esta manera para muchos profesionales quiere referir a los elementos que interfieren en la vida interior de un individuo (recuerdos, sueños, imágenes, miedos). Dicha ciencia aparece tras la evolución de ciencias como son la filosofía y la medicina, que dieron paso a enfrentarse con la actividad y el saber humano. (Hayes, 1999) El objetivo esencial del uso de esta ciencia propone analizar el comportamiento humano, ya que por irregularidades en el desarrollo de la vida cotidiana tienden a verse afectadas; dando como resultado cambios significativos en el desenvolvimiento de cada individuo.

En la actualidad, la mayoría de ocasiones para realizar una valoración el profesional utiliza la técnica basada en test escritos, mismos que contienen ítems de valoración para dar un resultado a su diagnóstico; aunque se debe estar consciente de que el psicólogo es un primer paso para detectar problemas más graves que deberían ser tratados con otros especialistas. Hoy con la nueva tecnología y presencia en el mercado de sensores que son de gran ayuda para la medición de diferentes señales del cuerpo humano como por ejemplo los latidos del corazón; y dispositivos que poseen sensores que realiza el seguimiento de los ojos. (Hayes, 1999)

Este método para los profesionales es de gran ayuda, ya que se puede explicar el cambio que se da en las capacidades perceptivas, cognitivas y sociales

desde la infancia hasta la edad adulta. Pese a que los bebés o niños de edad temprana no puedan hablar, el seguimiento de los ojos brinda una información detallada sobre la forma en la que perciben el mundo. (Rochín, 2011)

En el mercado se puede encontrar sensores como el Kinect, uno de los más conocidos por dar la certeza de que este dispositivo es usado para videojuegos, misma cualidad que es errónea en el ámbito tecnológico. Dicho dispositivo desarrollado por la empresa PrimeSence que optó por la patente del mismo ser la propietaria; por las necesidades que se presentaban con el auge tecnológico Sony desarrolla un dispositivo con características similares al anterior. Conocida como Move que posee características parecidas a la consola Wii de Nintendo; uno de los primeros en el mundo de los videojuegos por movimiento. (Bejerano, 2013).

En cuanto a desarrollo de control gestual se conoce el dispositivo denominado Leap Motion está especializado en la detección de manos y brazos teniendo la gran cualidad de sensibilidad, logrando detectar el más ligero movimiento de los dedos. (Palo, 2013) La ventaja que se obtiene al trabajar con este tipo de sensores es la carencia de contacto físico que se da al usarlo, y la comunicación de usuario-dispositivo es de manera remota. (Bejerano, 2013).

## **1.2 Planteamiento del problema**

Dentro del área de psicología existen varias áreas en las cuales se utilizan distintas técnicas para la evaluación y el diagnóstico, las mismas se basan en la aplicación de test. Dichas tareas que pueden incluir test orales o escritos, entrevistas o desarrollo de diagramas. Este tipo de técnicas presentan ciertas perturbaciones en los resultados esperados, pues se induce al cerebro a activar otras zonas las cuales no se desea evaluar por estas razones los pacientes pueden generar falsos positivos en los resultados. Tomando una alternativa a este problema se propone implementar un sistema el cual permita aplicar distintos tipos de test psicológicos no invasivos, brindándole al profesional la oportunidad de medir el comportamiento de



otras variables al momento de realizar el proceso de evaluación.

Actualmente los pacientes deben acudir a sesiones de terapia con el profesional; en las que se realiza actividades preestablecidas y habituales en donde para el paciente resultan aburrido y tedioso. En algunos casos de evaluación se presentan test de diagnóstico invasivos (escribir, dibujar) que con el pasar del tiempo llegan a ser repetitivas logrando a memorizar las respuestas a las actividades y obteniendo resultados erróneos en el diagnóstico. El desarrollo de un sistema interactivo no invasivo será de gran ayuda al momento de la realización y emitir un diagnóstico, ya que el usuario da una información visual y el sensor ocular procesa esos datos. Dando posteriormente al profesional un resultado gráfico del posicionamiento y comportamiento del sensor en forma de trayectorias.

### **1.3 Justificación**

Dentro del área de psicología no experimentado un notable apoyo de la tecnología el cual permita repotenciar los distintos test de evaluación que aplican y desarrollan nuevas técnicas utilizando dispositivos gestuales, por estas razones el proyecto permitirá al profesional de esta rama poder evidenciar el comportamiento de otro tipo de variables en los entornos que él crea conveniente obteniendo como resultado una nueva perspectiva del comportamiento del paciente. Tomando a las herramientas tecnológicas modernas como apoyo a la ponderación en el resultado de test psicológicos basados en procesamiento de datos y señales obtenidas de los sensores oculares.

### **1.4 Importancia**

Mediante este tipo de tecnología se pretende demostrar la posibilidad de interactuar entre los mundos de la psicología y la electrónica con la finalidad de enriquecer con mayor información los test de evaluación ya validados y generar

nuevos sistemas de evaluación de pacientes obteniendo de esta manera mejoras en la salud de las personas. Además, que se toma la iniciativa de utilizar este sensor ocular no invasivo de la mano con la disminución de comunicación con el paciente a fin de mejorar la eficiencia del diagnóstico durante el proceso de análisis; buscando disminuir el aburrimiento y la repetitividad en los procesos tradicionales de evaluación.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Desarrollar un sistema no invasivo basado en seguimiento de la posición de ojos para la aplicación de test psicológicos.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Investigar los sensores de seguimiento ocular aplicado a sistemas de rehabilitación.
- Investigar los distintos test psicológicos en los que la posición de los ojos a fin de buscar el mayor nivel de concentración del posicionamiento de ojos.
- Desarrollar el sistema de adquisición de las señales generadas por el sensor ocular y realizar el tratamiento de los valores obtenidos.
- Desarrollar un algoritmo que permita realizar el procesamiento de los datos del sensor ocular en tiempo real así como datos almacenados en una base e implementar una interfaz humano-máquina para la visualización.
- Realizar la validación de resultados a partir de las pruebas de funcionamiento.

## 1.6 Artículo Realizado

El resultado del presente trabajo de titulación consta de un artículo presentado en una revista: 1) SETE 2017 2nd International Symposium on Emerging Technologies for Education que será próxima a ser publicado en Springer Lecture Notes in Computer Science (LNCS), se presenta en el Anexo D, es así que el artículo realizado es el siguiente.

D. Rivas-Lalaleo, **Verónica Luna S.**, Víctor H. Andalu, Washington X. Quevedo and Alex Santana G.,

**“System of Evaluation for Reading Based on Eye Tracking”**, SETE 2017, Springer Lecture Notes in Computer Science (LNCS).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentación Teórica

El sistema interactivo que se pretende desarrollar emplea un sensor ocular no invasivo además de un software compatible con el dispositivo como lo es Unity y mediante una comunicación bilateral con el software Matlab se desarrolla un algoritmo que almacene los valores emitidos por el sensor ocular al momento de la realización de las pruebas. Posteriormente se emite gráficas que determinan la trayectoria que realizó el individuo, así como la obtención de la estimación de densidad para posteriormente obtener el mapa de calor interpretando los lugares donde el individuo presenta mayor atención.

#### 2.2 Psicología

La psicología se enmarca en distintas áreas de la ciencia como lo es la filosofía y la medicina. A partir de esto se dice que es la ciencia que estudia el comportamiento humano y procesos mentales tomando en cuenta observaciones empíricas y métodos de investigación. Además, que explora conceptos como la percepción, la atención, la motivación, la emoción, el funcionamiento del cerebro, la inteligencia, la personalidad, las relaciones personales, la consciencia y el inconsciente. (Hayes, 1999) El “comportamiento humano y procesos mentales” no sólo son las acciones de las personas sino sus pensamientos, sentimientos, percepciones, procesos de razonamiento, recuerdos e incluso las actividades biológicas que mantienen el funcionamiento corporal.

Es decir, la psicología es un área de estudio que ayuda a cualquier persona a conocerse más y mejor a sí misma. Donde dicha ciencia recuerda que todo ser humano es único e irrepetible y porque no decirlo diferente a los demás. (Rochín, 2011) Entre las principales ramas de la psicología se encuentran la biopsicología, la psicología experimental y cognitiva, la psicología del desarrollo y de la personalidad, la psicología de la salud, clínica y la especializada en consejería, la psicología educativa, la psicología social, la psicología de la mujer, la psicología industrial – organizacional, la psicología del consumidor y la psicología transcultural. Un ítem importante en la psicología humanista es el observar la grandeza de la persona ya que el ser humano aspira por naturaleza a ser feliz tomando en cuenta esta causa, la psicología se convierte en la ciencia que reflexiona de forma sobre la felicidad. (Hayes, 1999)

Hoy en día, la psicología del color es aplicado en áreas de diseño y mercadotecnia a fin de enviar mensajes y provocar comportamientos específicos en las personas. Para esto en la tabla 1 se muestra algunas de las emociones que transmiten los colores. (Cracovia, s.f.)

**Tabla 1**

**Emociones que transmiten los colores**

<b>Amarillo</b>	Optimismo
<b>Naranja</b>	Amabilidad y simpatía
<b>Rojo</b>	Excitación, atención
<b>Morado</b>	Creatividad y misterio
<b>Azul</b>	Confianza y fuerza
<b>Verde</b>	Paz, orgánico
<b>Gris</b>	Equilibrio y calma

En el ambiente que nos rodea tenemos la presencia de color; ya sea en el trabajo, en la publicidad, Internet. A esta característica donde lo que se pretende es analizar los efectos y además la percepción de los colores captados por los seres humanos. (Cracovia, s.f.) Tomando en cuenta por otra parte los colores también ayudan a mantener la concentración al estudiar ya que el 8% del cerebro recibe información visual; haciendo que el color estimule la vista y apoya en el proceso de asimilación de información, obteniendo en los individuos la inspiración de creatividad e incentiva la creación a nuevas ideas. (Cracovia, s.f.)

La psicología social apareció a mitad del siglo XX. El objetivo de estudio es el comportamiento de los seres humanos en el contexto de grupos y analiza fenómenos como el encuentro social, la interdependencia y la interacción social. En relación a lo laboral aparece la psicología del trabajo u ocupacional y la organizacional que estudia los fenómenos que ocurren en el contexto de las organizaciones e instituciones. (Hayes, 1999) A partir de la investigación de W.Preyer, S.Hall en Estados Unidos, J.Piaget en Suiza y K.Groos en Alemania la psicología infantil se ha transformado en una ciencia ramificada donde el psicoanálisis y la psicología individual que son de gran importancia. Ya que por el tipo de pacientes que se maneja se opta por un registro de cada una de las etapas evolutivas y una investigación de diversas funciones como la evolución del habla, de la memoria, de los sentimientos, etc. (Knueppel, 2015)

### **2.2.1 Historia y Evolución de la Psicología**

Según el filósofo y psicólogo Wilhelm Wundt, quién estableció el primer laboratorio en psicología en 1879 en la Universidad de Leipzig cuyo objetivo fue explorar los elementos primarios de la mente y la consciencia. Además que trabajó combinando la medición cuidadosa de la introspección para analizar las estructuras básicas de la mente consciente, el resultado de dicho estudio ubicó a la psicología entre las ciencias físicas y las ciencias naturales ya que utilizaría métodos experimentales y de investigación muy semejantes a la ciencias físicas que

demuestran cuestiones de comportamiento llegando a demostrar que la psicología es una ciencia inductiva y experimental para demostrar de qué manera se combinan las sensaciones para producir nuestra conciencia del mundo. A este método de evaluación se lo denominó estructuralismo. (Hayes, 1999)

Con el paso del tiempo, los investigadores quedaban menos satisfechos con lo que se podía detallar o describir, ya que las personas presentan dificultad para describir con exactitud sus experiencias internas. Para esto en 1930, el psicólogo William James quien en lugar de centrar su interés en los componentes de la mente aparece el modo denominado funcionalismo, el mismo que se enfoca en lo que hace la mente, las funciones de la actividad mental y el comportamiento en general. James encabeza que los funcionalistas analizaron los modos en que el comportamiento les permite a las personas satisfacer sus necesidades. (Hayes, 1999)

En la década de 1920, antes que aparecieran estos modelos John Watson, quien fue reconocido como el padre del conductismo. Él manifiesta que para que la psicología sea considerada una ciencia, se debe enfatizar el estudio de la conducta manifiesta (movimientos corporales, hablar, llorar, sensaciones que se pueden observar de manera directa) en lugar de la conducta cubierta (son aquellas sensaciones que el individuo las experimenta de manera directa, como los pensamientos, sentimientos, deseos); ya que es casi imposible observar los procesos mentales de manera directa. (Hayes, 1999)

A principios del siglo XX, apareció otra reacción al estructuralismo que fue el desarrollo de la psicología de la Gestalt, modelo que se enfoca en el estudio del modo en que se organiza la percepción; mismo en el que en lugar de considerar las partes individuales que conforman el pensamiento. Los psicólogos de la Gestalt emprendieron la labor de concentrarse en la manera en que las personas consideran a los elementos individuales como unidades o como un todo. Su principal hipótesis era: "El todo es diferente a la suma de sus partes", lo que significa

que cuando se les considera en conjunto, los elementos básicos que componen la percepción de los objetos producen algo más grande y significativo que los mismos elementos individuales por separado. (Hayes, 1999)

A partir del siglo XVII, nació como psicología científica con los estudios del filósofo francés René Descartes, el mismo que afirmaba que el cuerpo humano era como una maquinaria de relojería tomando en cuenta que cada mente y/o alma era independientes y únicas. Sostenía que la mente tiene ideas innatas, cruciales para organizar la experiencia que los individuos tienen del mundo. Mientras que los empiristas británicos Thomas Hobbes y John Locke resaltan el papel que desempeña la experiencia en el conocimiento humano. Para Locke creía que toda la información sobre el mundo físico pasa a través de los sentidos, y que las ideas correctas pueden y deben ser verificadas con la información sensorial de la que proceden (Hayes, 1999).

Para ese entonces la psicología que se estudiaba se alejó cada vez más de la metafísica, fue continuando con el racionalismo, postulando una base que intentaba ser más científica: la de no aceptar nada que no proceda de la experiencia sensible denominada la postura del empirismo. La contribución más importante a la psicología es que hizo explícitas las posibilidades de una teoría de la asociación, donde a partir de los datos de la experiencia y elaborar las leyes que rigen las interrelaciones y sucesiones de las experiencias con otras (Hayes, 1999) .

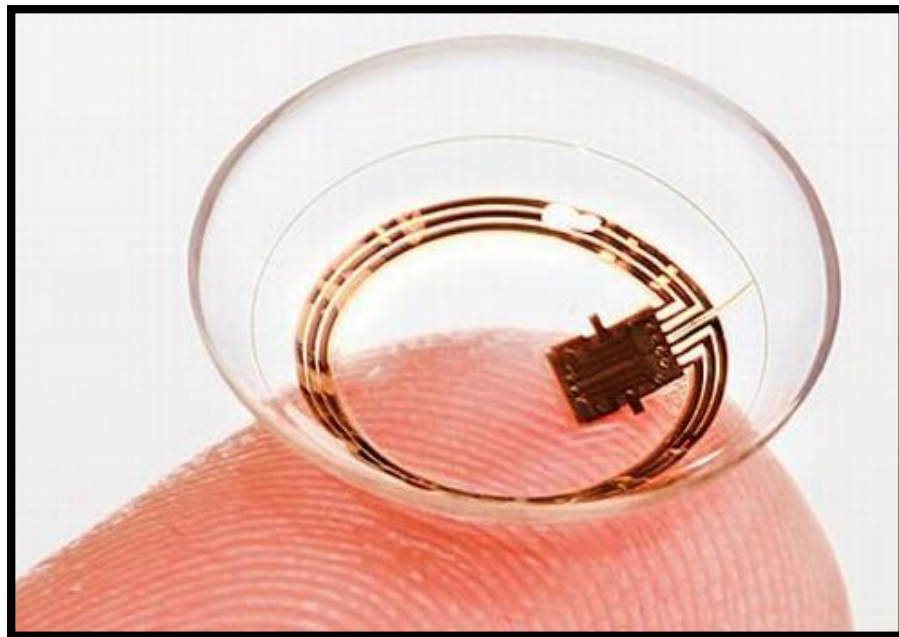
### **2.3 Sensores Oculares**

El movimiento de los ojos se divide en fijaciones y salidas, dependiendo cuando la mirada se detiene en cierta posición y cuando se mueve hacia otra posición. A estas señales producidas por las fijaciones y salidas se denominan scanpath. Por tanto, la localización de las fijaciones a lo largo del scanpath muestra los puntos de información de los estímulos son procesados durante una prueba de



seguimiento de ojos. Tomando en cuenta que el valor medio en realizar fijaciones durante una lectura de textos lingüísticos es 200 ms y en visualización de una escena es de 350 ms. Y preparar la salida hacia un nuevo objetivo toma alrededor de 200 ms. (Rambli, 2016) Los scanpaths son de gran utilidad para analizar las intenciones cognitivas, los intereses y la prominencia; combinados con otros factores biológicos (género, estado de ánimo) pueden afectar a la calidad de scanpath. (Tomás, 2014)

Existen principalmente tres categorías para medir mediante sensores oculares. El primero que es el método que se lo realiza mediante un sensor invasivo, en el que se utiliza algo adjunto al ojo como un lente de contacto especial con un espejo incorporado o un sensor de campo magnético (ver Figura 1). Dichas mediciones han aportado grabaciones detalladas de los movimientos oculares. (Tomás, 2014)

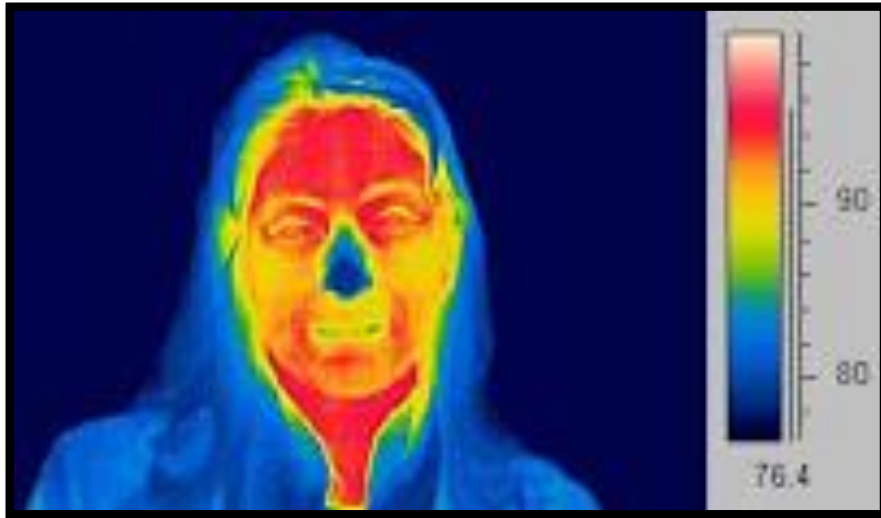


**Figura 1 Sensor Ocular mediante sensado invasivo**

**Fuente:** (Tomás, 2014)

Ahora el método sin necesidad que exista contacto que se lo hace mediante sensado no invasivo (ver Figura 2), se lo realiza a través de la luz que por lo general

es luz infrarroja, la misma que se refleja en los ojos y se capta mediante una cámara de video o algún otro sensor óptico. (Tomás, 2014)



**Figura 2 Sensor ocular mediante sensado no invasivo**

**Fuente:** (Tomás, 2014)

Y el método que se lo realiza mediante potenciales eléctricos, que utiliza este medido con electrodos colocados alrededor de los ojos cuya función es detectar el movimiento (ver Figura 3). Tomando en cuenta que los ojos son el origen de un constante campo de potencial eléctrico, el mismo que se puede detectar en total oscuridad aunque los ojos se encuentren cerrados. (Knueppel, 2015)



**Figura 3 Sensor ocular mediante potenciales eléctricos**

**Fuente:** (Tomás, 2014)

Los métodos ópticos generalmente los basados en la grabación de video son utilizados en el seguimiento de la mirada y están bien considerados por el hecho de la peculiar cualidad que no son invasivos además de que el coste es bajo. (Tomás, 2014)

## 2.4 Eye Tracking

Eye tracking es una tecnología que busca el estudio del movimiento y el comportamiento de los ojos ante diversos estímulos (ver Figura 4), dicha técnica biométrica busca registrar y decodificar información fisiológica referente a la atención que posee cada individuo y de la mano con otras técnicas, brindar información vinculada a emociones y procesos cognitivos. (Técnicas de Neuromarketing , 2016)



**Figura 4 Enfoque de la mirada de un individuo**

**Fuente:** (Técnicas de Neuromarketing , 2016)

Al realizar eye tracking da como resultado proporcionar información valiosa como por ejemplo las características más llamativas, las que causan confusión y además las que son ignoradas. El seguimiento de ojos hoy en día es utilizado

primordialmente en uso comercial a fin de evaluar la eficacia de búsqueda, marca, anuncios online, usabilidad de navegación, diseño y otros componentes web (ver Figura 5). Otro campo en el que es utilizado es en medios de anuncios de publicidad lo que se busca averiguar es de qué manera los anuncios se deben mezclar con las noticias a fin de obtener toda la atención del usuario. (El blog sobre neuromarketing en español, 2017)



**Figura 5 Uso del eye tracking enfocado a uso comercial**

**Fuente:** (El blog sobre neuromarketing en español, 2017)

El seguimiento de ojos a partir del 2005 se utiliza en sistemas de comunicación para personas con discapacidad; permitiendo al usuario hablar, navegar por internet, realizar otras actividades usando sólo sus ojos. Un ítem muy importante que se debe tomar en cuenta en el control de ojos, que funciona aun cuando el usuario tiene movimientos involuntarios como consecuencia de una parálisis cerebral u otra discapacidad, y aun así para aquellos que usan gafas u otra intervención física que pudiera limitar la eficiencia de los sistemas de control de los ojos antiguos. Otra aplicación que se realizó es el autoenfoco de las cámaras

buscando que el usuario pueda centrarse en un objetivo solamente mirando a través del visor (ver Figura 6). (El blog sobre neuromarketing en español, 2017) (González, 2016)



**Figura 6 Eye tracking enfocado a uso en personas discapacitadas**

**Fuente:** (González, 2016)

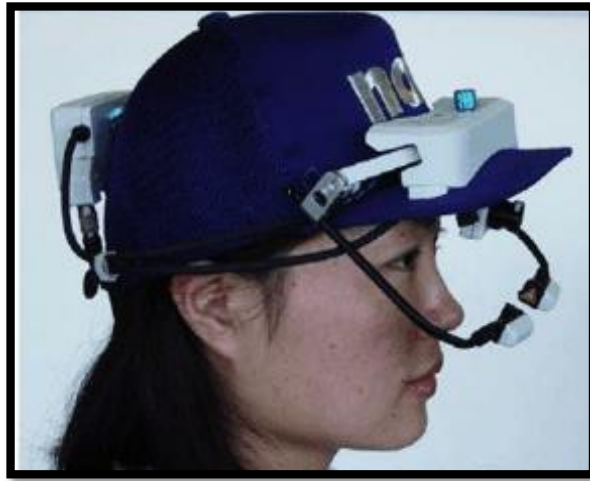
En equipos existentes que realizan seguimiento de ojos se puede encontrar tres tipos de sistemas en la actualidad. En la tabla 2 se muestra una comparativa de equipos utilizados para eye tracking así como ventajas y desventajas de los mismos.

Tabla 2

## Comparativa equipos de Eye Tracking

EQUIPOS DE EYE TRACKING	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Equipo montado en la cabeza</b>		<p>El usuario posee el equipo en la cabeza todo el tiempo.</p> <p>Ocasionando ser molesto y porque no decirlo intrusivo. (ver Figura 7)</p>
<b>Gafas de Eye Tracking</b>	<p>El equipo obtiene información y transmite mediante wifi o bluetooth al equipo que almacena la información.</p> <p>Posee cámaras y las luces infrarrojas. (ver Figura 8)</p>	<p>El usuario debe colocarse el equipo para utilizarlo.</p>
<b>Movimiento ocular en la distancia</b>	<p>Utilizan cámaras de alta velocidad que rastrean los movimientos de los globos oculares, dilatación de pupila y parpadeo del sujeto.</p> <p>La información que se obtiene luego se procesa para ubicar las zonas de "puntos calientes".</p> <p>Se puede determinar los recorridos visuales.</p>	<p>Es un equipo no invasivo. (ver Figura 9)</p>

A continuación se muestra cada uno de los equipos utilizados para realizar eye tracking.



**Figura 7 Eye tracking con equipo montado en la cabeza**

**Fuente:** (MindMetriks, 2017)



**Figura 8 Gafas de eye tracking.**

**Fuente:** (MindMetriks, 2017)



**Figura 9 Eye tracking con movimiento ocular en la distancia**

**Fuente:** (González, 2016)

Se puede distinguir dos apartados para la aplicación de eye tracking como se muestra en la tabla 3:

**Tabla 3**

**Aplicaciones de eye tracking**

<b>Diagnósticas</b>	<b>Interactivas</b>
El sistema de Eye Tracking proporciona la evidencia objetiva y cuantitativa de los procesos relacionados con la visión y la percepción.	El sistema de Eye Tracking sirve como un dispositivo de entrada sustituyendo el ratón.

**2.5 Tobii Eye Tracker 4C**

La tecnología de eye tracking utiliza un dispositivo Eye-Tracker, el cual está constituido por un sensor y cámaras. La función del sensor (ver Figura 10) es iluminar los ojos con una luz infrarroja cuando entra en contacto con la córnea y la pupila genera un reflejo, generando un marco de referencia del ojo y delimita el espacio a monitorizar. (Tobii Eye Tracking, 2017)

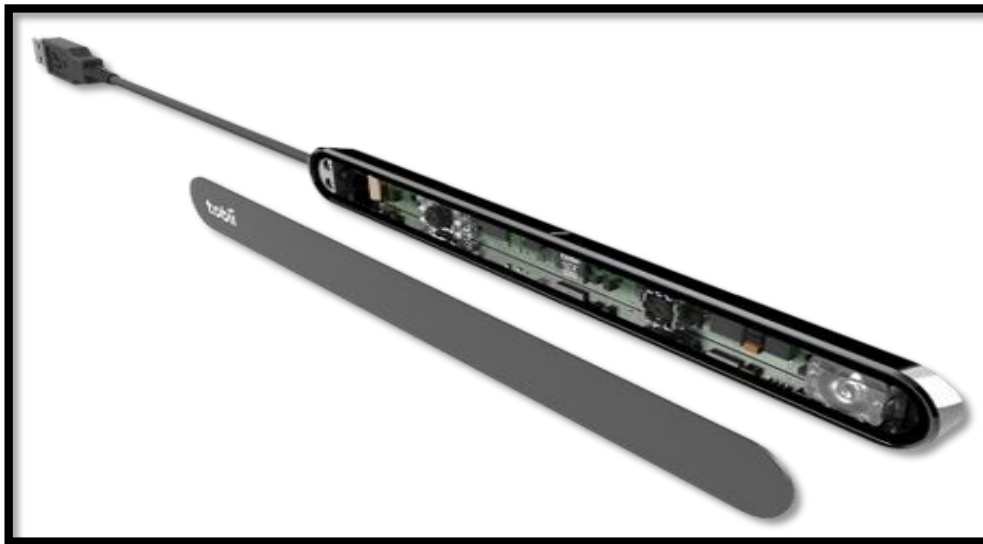




**Figura 10 Tobii Eye Tracker 4C**

**Fuente:** (Tobii Eye Tracking, 2017)

Por su parte, la función de las cámaras (ver Figura 11) es captar la imagen en vivo de lo que sucede en el espacio delimitado de la mirada. A partir de esto se calcula un vector, al tener la dirección combinada con otros factores geométricos da como resultado el poder controlar la posición de los ojos y calcular la dirección de la mirada sobre un estímulo. (Técnicas de Neuromarketing , 2016)



**Figura 11 Estructura del sensor Tobii**

**Fuente:** (Tobii Eye Tracking, 2017)

Entre las principales características que el dispositivo presenta entre las más destacadas son:

- Realizar el seguimiento de los ojos y a su vez de la cabeza, teniendo el 97% de precisión en el seguimiento.
- Posee tiras magnéticas que son sumamente fuertes y se adaptan al computador.
- Tiene una distancia de operación de 50 a 90 cm, tomada del sensor al usuario.

Lo que da como resultado a este dispositivo que hace que sea de uso versátil y de gran ayuda. Dichas especificaciones del sensor ocular hacen que se presenten las ventajas y desventajas en el uso del mismo como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4**

**Ventajas y Desventajas del uso del Tobii Eye Tracker 4C**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Dispositivo de seguimiento de ojos y la cabeza.	Su posición debe ser obligatoria debajo del monitor. Porque tiene
Funciones adicionales en Windows, no se necesita dispositivos adicionales como gorras, sensores.	una inclinación ligeramente hacia arriba para que capte los ojos.
Se puede usar con gafas y con lentillas.	No existe soporte para monitores curvos.
	No tiene zoom.

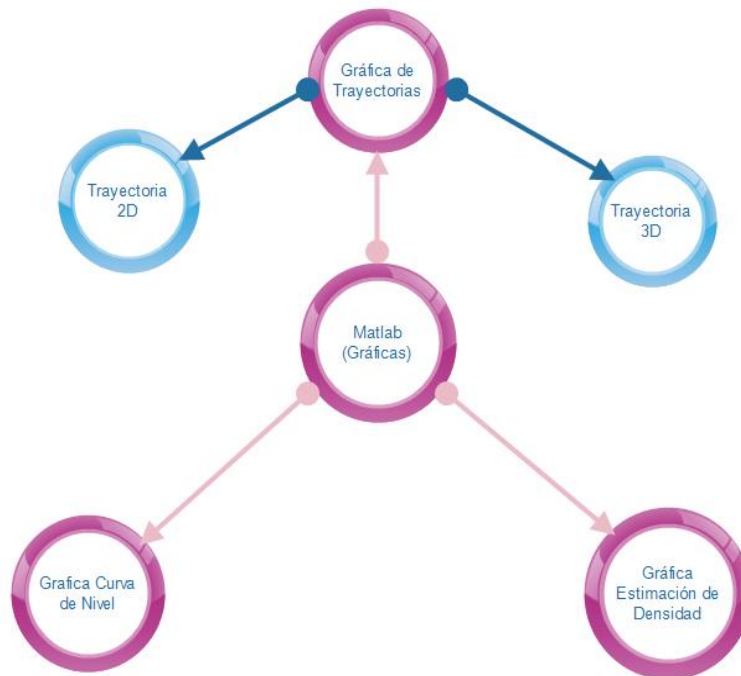
**Fuente:** (Tobii Eye Tracking, 2017)

## **2.6 Unity**

Es un programa un motor gráfico, el mismo que se encuentra disponible como plataforma de desarrollo. Tomando en cuenta que tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas. El script se basa en Mono, la implementación de código abierto de .NET Framework. Los programadores utilizan UnityScript (lenguaje personalizado basado en ECMAScript) y C# o Boo. Llegando a partir de la versión 3.0 se añade una versión personalizada de MonoDevelop que realizó la depuración de scripts. (Unity Analytics, 2016)

## **2.7 Matlab**

Matlab es un entorno de computación y desarrollo totalmente integrado donde se encuentren cálculos matemáticos elevados así como la visualización gráfica de los mismos. La herramienta antes mencionada integra análisis numérico, cálculo matricial, proceso de señal y visualización gráfica en un entorno completo. Además, mediante el uso de esta herramienta se puede obtener las siguientes gráficas (ver Figura 12).



**Figura 12 Diagrama de gráficas que se obtienen del software Matlab**

## 2.8 Test de evaluación en psicología

Es una serie de pruebas que se las realiza con el propósito para determinar la sanidad mental de una persona o realizar un sondeo de los aspectos de la personalidad que presenta la persona. Los test psicológicos son llevados a cabo por profesionales en el área de la psicología, que intenta realizar un análisis de las características de la personalidad de las personas; aunque es posible que lo realicen personas que carezcan de una formación en psicología. (Rochín, 2011)

Los profesionales en el área deben saber distintos medios los traumas, los conflictos y las formas de reaccionar de una persona ante diversas circunstancias. Estas evaluaciones deben ser o menos invasiva posible a fin de que la persona mantenga un nivel de confort aceptable. Por dicha razón estos test ofrecen una serie de herramientas de utilidad que reflejen:

- Actitudes
- Rasgos de personalidad
- Conflictos internos

Independientemente del tipo de test que se pretenda evaluar, en su mayoría se enfoca en analizar como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5

**Características que se enfocan en un test**

<b>Personalidad</b>	Es el conjunto total de las características de un sujeto, que reflejan el adaptarse al ambiente incluyendo el carácter, temperamento, aptitudes e intereses.
<b>Actitudes</b>	Es la forma en que una persona mira el mundo. Así como la organización de procesos preceptuales cognitivos y motivacionales, que resultan de la experiencia.
<b>Intereses</b>	Es la organización de motivos que predisponen a un sujeto a prestarle atención a ciertos hechos de su ambiente más que a otros donde incluyen predisposiciones heredadas y experiencias pasadas.
<b>Habilidad</b>	Aquella potencialidad del individuo para responder.
<b>Eficiencia</b>	Cualidad que el sujeto puede hacer en cada momento, sin preparación previa.
<b>Potencialidad</b>	Son reacciones que el sujeto las desarrolla de manera heurística, es decir, puede aprender hacer si se le da la experiencia y entrenamiento necesario.
<b>Capacidad</b>	Es el nivel más alto de habilidad que un sujeto puede presentar, ya sea luego de un amplio entrenamiento y experiencia.
<b>Aptitudes</b>	Es un término más amplio que potencialidad, pero incluye la habilidad potencial, factores de eficiencia, personalidad, temperamento e intereses.

**Fuente:** (Knueppel, 2015)

## **2.9 Tipos de test**

Los test que se usan en el desarrollo del sistema, para la evaluación de los pacientes, se enfocan en aquellos que ayudan a la valoración de memoria, atención, percepción, coordinación y razonamiento. (Test de Inteligencia, 2017) Tomando en cuenta estos ítems, se analizan algunos de ellos.

### **2.9.1 Test de Wechsler (WAIS)**

Este test cuya finalidad es medir el nivel de coeficiente intelectual que posee la persona, está compuesta para su desarrollo de dos partes (verbal y de ejecución). El test presenta una serie de ejercicios, aquellos que se deben resolver en el menor tiempo posible; su resultado se dará en función al mayor número de respuestas positivas que se obtiene. Y en base a este valor se puede calcular un resultado estimativo que mide el coeficiente intelectual. (Test de Inteligencia, 2017)

### **2.9.2 Test de Kaufman**

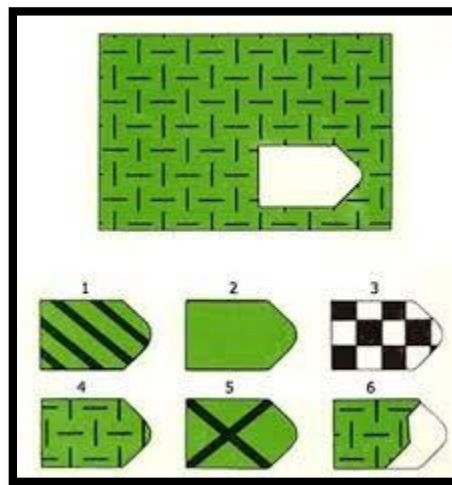
Este test está diseñado a la medida de la inteligencia verbal y no verbal, en personas de 4 – 90 años. Mide habilidades verbales relacionadas con el aprendizaje escolar junto con el conocimiento de palabras. En un ítem para la implementación es la evaluación de VOCABULARIO que consta de dos partes el desarrollo del test: la primera parte es vocabulario expresivo y la segunda parte son definiciones. (Kaufman, 2012)

Otro ítem a evaluar son MATRICES, tomando en cuenta que aparecen habilidades no verbales y capacidades para resolver nuevos problemas; ya que el individuo debe ser capaz de percibir relaciones y completar analogías. Las matrices

están construidas con dibujos o figuras abstractas careciendo de palabras. (Kaufman, 2012)

### 2.9.3 Test de Raven

El test antes mencionado es una prueba no verbal y cuya finalidad hace que el individuo utilice habilidades perceptuales, de observación y razonamiento analógico que deduce en la matriz la figura faltante. Su fin es medir la capacidad intelectual que compara formas y razones por analogías (ver Figura 13), que a diferencia de otros test no toma en cuenta conocimientos adquiridos. (Test de Inteligencia, 2017)



**Figura 13 Representación de una analogía**

**Fuente:** (Test de Inteligencia, 2017)

### 2.9.4 Test de Lectura

Estos test son aplicados para el análisis que existe entre velocidad y precisión que la persona lo realiza al momento de leer. Mediante esta prueba se puede observar si la persona tiene dislexia fonológica, visual o mixta. (Vega, 1990) Tomando en cuenta si existen demasiados errores que estos pueden ser inversiones, sustituciones u omisiones de palabras y a su vez rotaciones se puede



decir que se encuentra alterada la ruta fonológica. (Cañuelo, 2017) Se muestra un claro ejemplo de lo que representaría este tipo de dislexia (ver Figura 14).



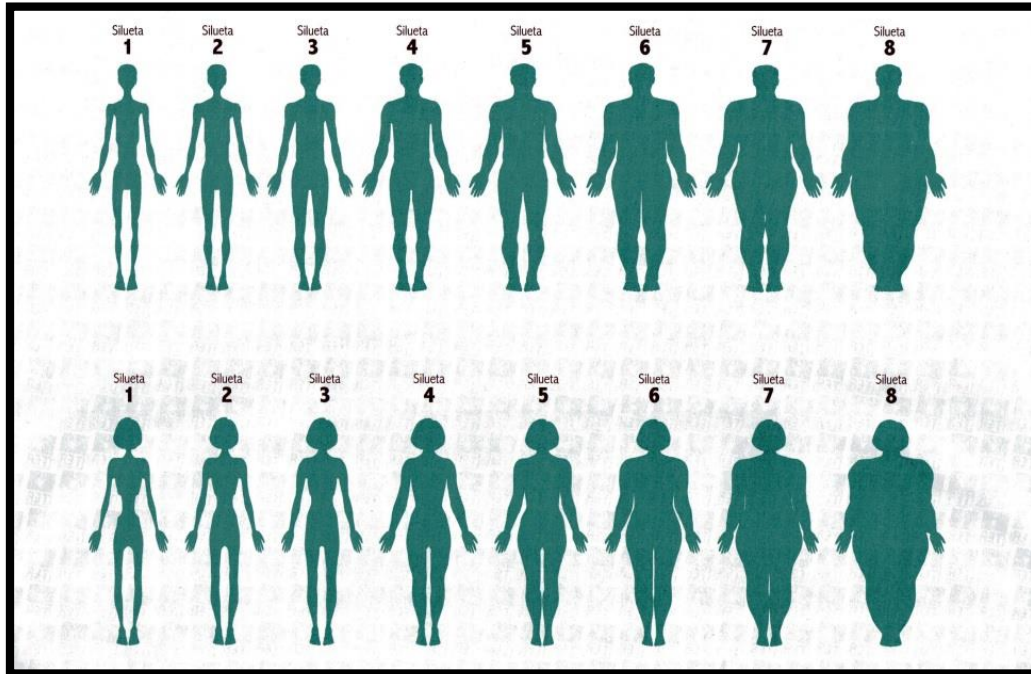
**Figura 14 Manera de deducir dislexia fonológica**

**Fuente:** (Cañuelo, 2017)

Ya que existe dificultad en decodificar y utiliza la ruta visual para leer lo que reconoce. Y si la lectura es demasiado lenta pero no tiene demasiados errores se puede creer que el lector no utiliza la ruta visual para leer palabras conocidas; y se podría decir que el mecanismo está afectado. (Vega, 1990) Y a su vez si se dan estas dos causas se deduce que se encuentran alteradas ambas rutas y existe una dislexia mixta. (Cañuelo, 2017)

### **2.9.5 Test de siluetas para detección de anorexia**

Este test tiene como objetivo descubrir problemas de anorexia; una enfermedad que puede darse en personas con apenas 8 años. La finalidad de este test, es que debe elegir la silueta que la persona se sienta identificada (ver Figura 15). (Cruz, 2008)



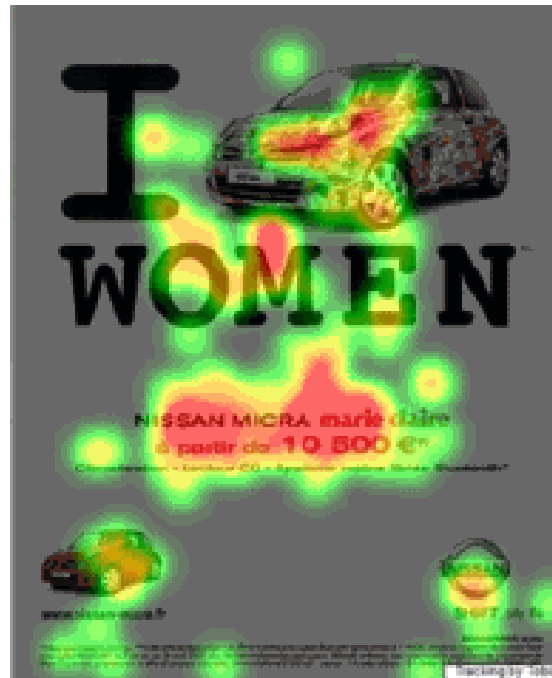
**Figura 15 Imagen utilizada en el test de siluetas**

**Fuente:** (Cruz, 2008)

## **2.10 Selección de componentes para la evaluación**

### **2.10.1 Mapas de calor**

Conocidos también como mapas de puntos calientes, es decir, se obtiene una imagen en diferentes colores de lo que el individuo está mirando (ver Figura 16). Tomando en cuenta las zonas con colores fríos dan la pauta que el individuo ha mirado poco en esa zona o sección, mientras que en colores cálidos indican las zonas en las que el sujeto ha mirado durante más tiempo. (González, 2016)

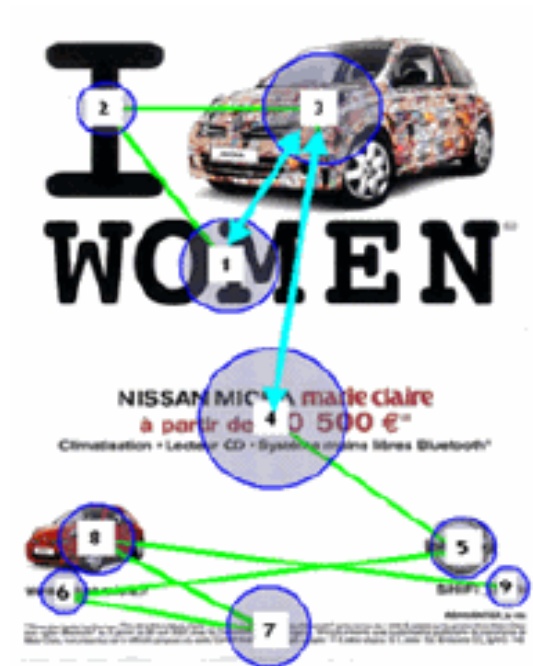


**Figura 16** Mapa de calor

**Fuente:** (Mena, 2015)

### 2.10.2 Seguimiento de trayectorias al movimiento de ojos

La información que recoge los sistemas de seguimiento visual puede ser de gran utilidad para conocer los recorridos visuales de los sujetos; y así formar una trayectoria de los puntos calientes que se observen en la duración de la sesión (ver Figura 17). Este tipo de opción, hoy en día es muy utilizada en el ámbito de la usabilidad y el diseño de páginas web. (González, 2016)



**Figura 17 Gráfica de trayectorias**

**Fuente:** (El blog sobre neuromarketing en español, 2017)

### 2.10.3 Cuestionario SUS (System Usability Scale)

El cuestionario fue desarrollado en 1986 cuyo propósito es implementar un test que sea fácil de responder y que además posea preguntas puntuales para un mejor análisis que permita analizar la usabilidad de programas, instrumentos y herramientas técnicas. El cuestionario se debe realizar luego de que el usuario ha utilizado el sistema. (Cortés, s.f.)

Dicho cuestionario cuenta con 10 preguntas que se detallan a continuación en la tabla 6: (Florida, 2000)

**Tabla 6****Preguntas utilizadas en el cuestionario SUS**

CUESTIONARIO SUS	
1	Creo que me gustaría utilizar este sistema frecuentemente.
2	Encuentro este sistema innecesariamente complejo.
3	Pienso que el sistema es fácil de usar.
4	Creo que necesitaría soporte técnico para hacer uso del sistema.
5	Encuentro las diversas funciones del sistema bastante bien integradas.
6	He encontrado demasiada inconsistencia en este sistema.
7	Creo que la mayoría de la gente aprendería a hacer uso del sistema rápidamente.
8	He encontrado el sistema bastante incómodo para usar.
9	Me he sentido muy seguro haciendo uso del sistema.
10	Necesitaría aprender un montón de cosas antes de poder manejar el sistema.

**2.10.3.1 Escala de evaluación SUS**

Para realizar la ponderación a las preguntas antes mencionadas se debe evaluar en la escala de 1 a 5, tomando en cuenta que dichos valores representan como se muestra en la tabla 7. Si existiera el caso de por algún motivo el usuario no respondiera alguna pregunta, se procede a señalar un valor central.

**Tabla 7****Escala de evaluación SUS**

ESCALA SUS	
1	Totalmente en desacuerdo.
2	En desacuerdo.
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
4	De acuerdo.
5	Totalmente de acuerdo.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Desarrollo del sistema

##### 3.1.1 Arquitectura de la herramienta

A continuación se observa la arquitectura de la propuesta a implementar, detallando cada una de las partes que conforma la misma (ver Figura 18). La etapa de adquisición de datos que se lo realiza en Unity 3D, una etapa de almacenamiento y la etapa de procesado de datos que es realizada en Matlab.

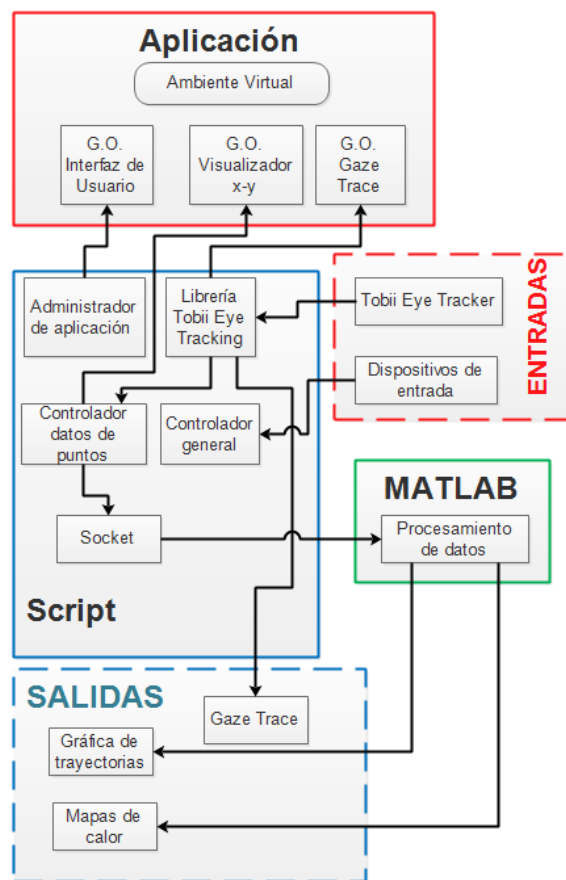


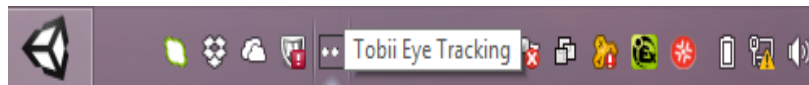
Figura 18 Arquitectura de la herramienta

La arquitectura de la herramienta consta de 3 capas principales:

Entradas, Script y Salidas. En donde la capa de entrada se encarga de recibir la información del sensor ocular así como dispositivos de entrada (mouse, teclado); la capa de script utiliza la librería Tobii Eye Tracking para interpretar la posición en la pantalla del computador, reflejada por el ojo humano al entrar en contacto con el sensor, comunica las interfaces de programación Unity 3D y Matlab en donde el primero es el encargado de adquirir los valores de las coordenadas (x,y) que mediante el uso del protocolo de comunicación TCP/IP envía esta información a Matlab. Finalmente la capa de salida, una vez obtenida el grupo de valores se generan gráficas del seguimiento de los ojos en 2D y 3D. Posteriormente se crea una matriz con estos datos que mediante el modelo raster obtiene una estimación de densidad de Kernel la cual da como resultado un mapa de calor, la misma que representa los sectores con mayor concentración visual automatizando así el test psicológico.

### 3.1.2 Funciones estáticas de la Interfaz de Programación

Para el desarrollo del sistema interactivo se requiere de la comprensión del funcionamiento del sensor ocular, así como obtener los datos que el sensor capta al momento de poner en marcha su funcionamiento (ver Figura 19). Previo a esto se debe tomar en cuenta que el rastreador ocular y el software se encuentren funcionando de manera correcta. (Tobii Eye Tracking, 2017)



**Figura 19 Indicador del correcto funcionamiento del sensor ocular**

El software Unity posee el SDK para este sensor ocular, la descarga y configuración se detalla en el Anexo C. Al finalizar esta descarga aparece el archivo unitypackage, este incluye todos los activos de SDK de Tobii y escenas de demostración.

En la implementación se debe asegurar que Windows es la plataforma de destino seleccionado en la configuración de generación. Importar el SDK Eyetracking Tobii de unitypackage a la escena de trabajo. Para implementar funciones de seguimiento ocular se empieza utilizando la API estática Tobii Eyetracking, para iniciar se añade **using Tobii.EyeTracking**. En la Figura 15 se muestra un apartado denominado script en este bloque se crea uno de ellos con el nombre **EyeTracking**. Cuya función es navegar por las funciones estáticas de la API y entre las principales y para el desarrollo del proyecto se detallan a continuación:

### 3.1.2.1 Configuración capa Gaze Focus

Se desea usar la selección de objetos usando ojo-mirada para esto es necesario configurar el entorno para la detección del enfoque en la mirada. Para lo cual se configura el seguimiento de ojos en el menú Edición:

Edit → EyeTracking Settings. . .

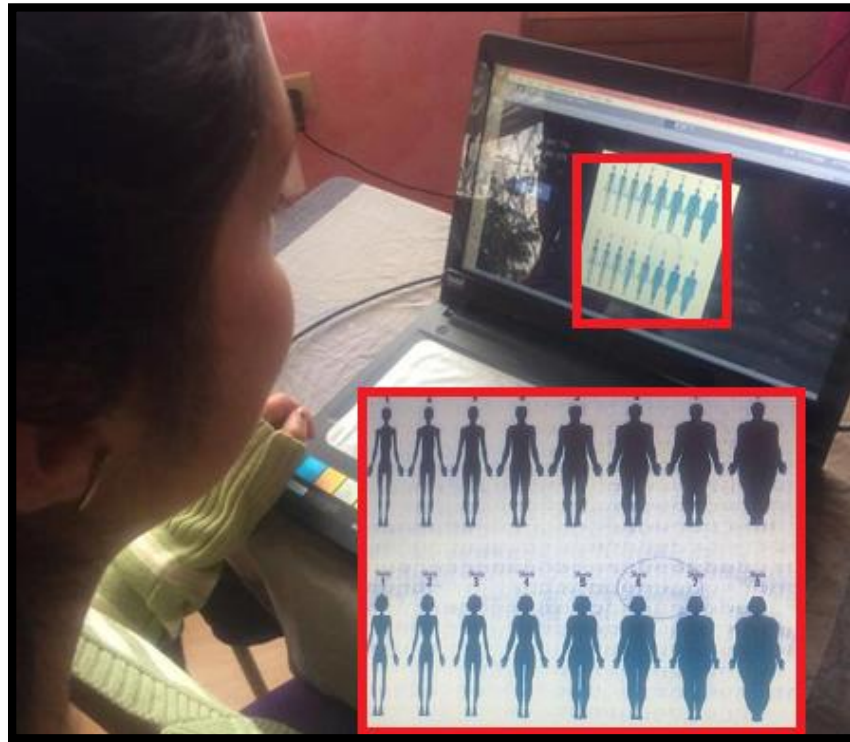
Haga clic para abrir las capa GazeFocus procurando que las capas que se desea enfocar usando ojo-mirada se encuentren activas, mientras que las demás donde no se pretenda realizar un seguimiento de la mirada con los ojos no son seleccionados y estas son tomadas como capas transparentes.

### 3.1.2.2 Uso de datos “Gaze Point”

Este componente tiene como finalidad la obtención del último punto que realizo la mirada denominado **EyeTracking.GetGazePoint()** que en el proyecto se utilizará, cuya función será crear un algoritmo cuya finalidad sea guardar los datos ordenadamente en una cadena para posteriormente poder graficarlos (Tobii Eye Tracking, 2017).



La propiedad **GazePoint** es el tipo de dato que representa el punto de la pantalla que el usuario está observando. Técnicamente es el punto de la pantalla que el sensor ocular ha calculado al realizar una línea a lo largo del ojo-mirada del usuario que interrelaciona con el plano de la pantalla (ver Figura 20).



**Figura 20 Explicación gráfica del componente GazePoint**

La propiedad **GazePoint.Screen** devuelve un vector, se puede parecer a conseguir una coordenada del puntero del ratón. A esta característica importante se debe tomar en cuenta que los datos del seguimiento de los ojos no son tan precisa como los datos del puntero del ratón; físicamente es imposible debido a la forma de los ojos y la manera de ver. Para esto se opta el uso de una serie de **GazePoint**, dicha representación se interpretaría como un área que el usuario está buscando; además de tomar en cuenta que la exactitud y precisión de los datos varía de un usuario a otro (Tobii Eye Tracking, 2017).

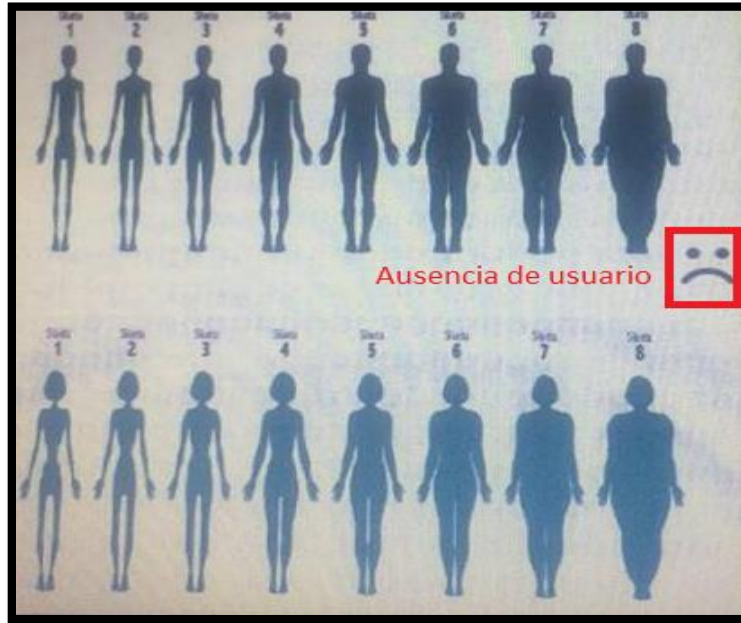
Hay que tomar en cuenta que el punto de partida para acceder a los datos es el uso de funciones estáticas en la clase estática de **EyeTracking**, para el correcto funcionamiento de la clase se debe incluir al programa **using Tobii.EyeTracking**; en un script que tendrá acceso a las funciones de la API estáticas (Tobii Eye Tracking, 2017).

En la API estática de EyeTracking aparece la inicialización perezosa que significa que no se ha inicializado hasta que exista la primera llamada a cualquiera de las funciones. Cuando se tiene la primera llamada retornan valores que no son válidos, y para dar solución a esta deficiencia se prefiere en el programa inicializar explícitamente mediante el uso **EyeTracking.Initialize()** y de esta manera el período de inicialización de los datos no válidos se pueden mover (Tobii Eye Tracking, 2017).

El principal objetivo que presenta el sensor es la obtención de una respuesta rápida y robusta a los diferentes cambios y modelos de seguidores de ojos adaptando las características de exactitud y precisión.

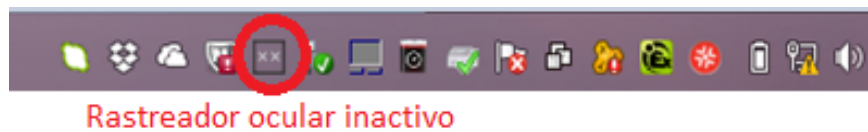
### **3.1.2.3 Icono de presencia de usuario y seguimiento de la mirada**

La API estática de EyeTracking da acceso directo a dos estados: Presencia de usuario y Seguimiento de la mirada. Donde la primera da a conocer si el usuario está presente en frente del sensor ocular o no. Así tomar condiciones cuando exista este apartado como por ejemplo hacer una pausa o alguna otra característica si no hay ningún usuario presente (ver Figura 21).



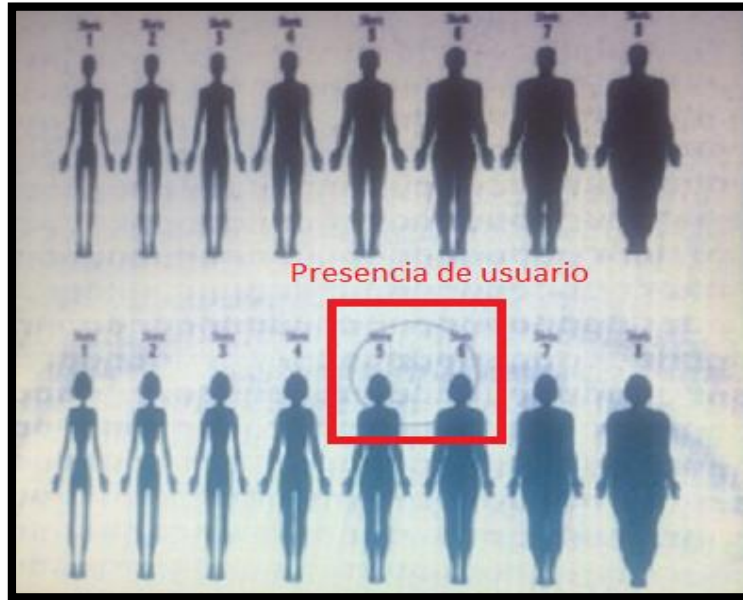
**Figura 21 Icono que representa la ausencia de usuario**

Así como también se puede visualizar la ausencia de usuario en la pestaña de inicio (ver Figura 22).



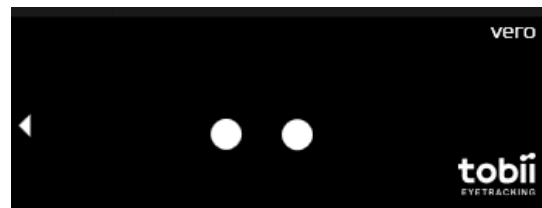
**Figura 22 Icono de ausencia de usuario en la pestaña inicio**

La segunda indica el estado del seguimiento de la mirada, es decir, si realiza el seguimiento en ese momento; en otras palabras da a entender si el rastreador ocular es capaz de calcular el punto de la pantalla que el usuario está mirando (ver Figura 23).



**Figura 23 Burbuja que indica la presencia de usuario**

Se observa en la barra de inicio la presencia del rastreador ocular (ver Figura 24), se aprecia la forma de dos círculos que representan los ojos; y que además tienen la característica de poder captar el guiño de ellos.



**Figura 24 Icono de presencia del rastreador ocular**

#### 3.1.2.4 Configuración del sistema y de estados

Dentro de esta configuración, el componente **IEyeTrackingHost.EyeTrackingDeviceStatus** devuelve un estado de **DeviceStatus.Tracking** significa que el rastreador ocular está conectado funcionando y tratando de realizar el seguimiento de ojos del usuario. Caso contrario existiría las posibilidades significaría que no hay datos de seguimiento de ojos.

En el apartado anterior se detalla cada uno de los componentes que presenta el sensor ocular, que para el desarrollo se utilizará de acuerdo a la necesidad; y en el anexo B se detalla el código que se presenta en el software Unity 3D.

Teniendo como resultado de la aplicación en el software Unity 3D la pantalla de inicio (ver Figura 25).

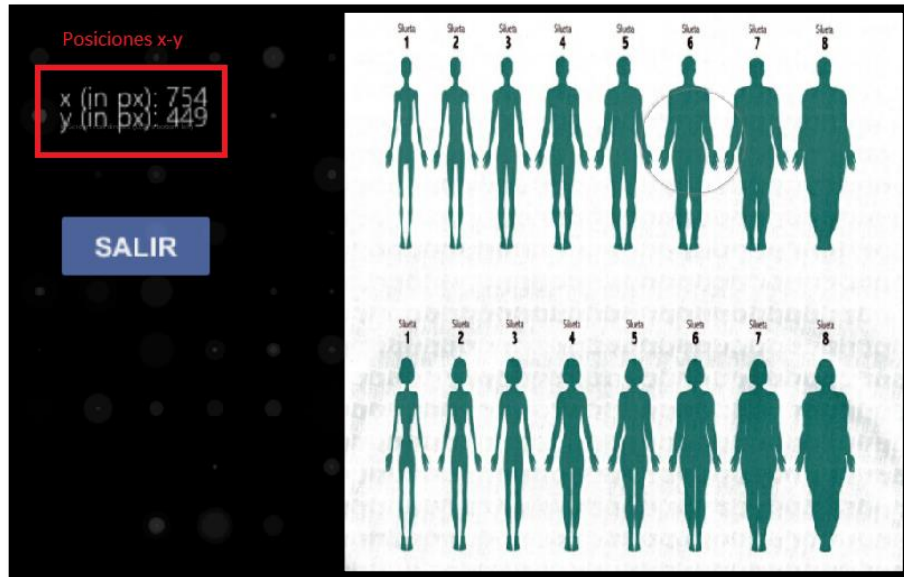


**Figura 25 Pantalla de inicio de la interfaz**

## **3.2 Desarrollo estadístico**

### **3.2.1 Obtención de las coordenadas x-y en Unity**

El programa en el que se procesa los datos obtenidos por el sensor ocular es Matlab, dicho programa esta interactuando a la vez con el programa Unity para la obtención de los valores de las posiciones x-y (ver Figura 26), el código de programación se detalla en el anexo B.



**Figura 26 Valores de las posiciones x,y**

### 3.2.2 Interfaz de usuario en Matlab

Los valores se almacenarán de manera pareja en Matlab para posteriormente poder graficar el vector de dos dimensiones, indicando las posiciones (x-y), que el individuo a mirado. En anexo B se detalla el código utilizado para toma de datos y gráfica de los mismos.

A continuación se muestra la interfaz que se utiliza en el software Matlab, que posee cada uno de los parámetros que son tomados en el ámbito estadístico (ver Figura 27).



Figura 27 Interfaz en el software Matlab

### 3.2.3 Gráficas de Trayectorias

En el botón Trayectorias se indica dos posibles gráficas de las trayectorias, como lo es en 2D y 3D. Las mismas que muestra la gráfica en 2D (ver Figura 28), representada por las coordenadas (x-y).

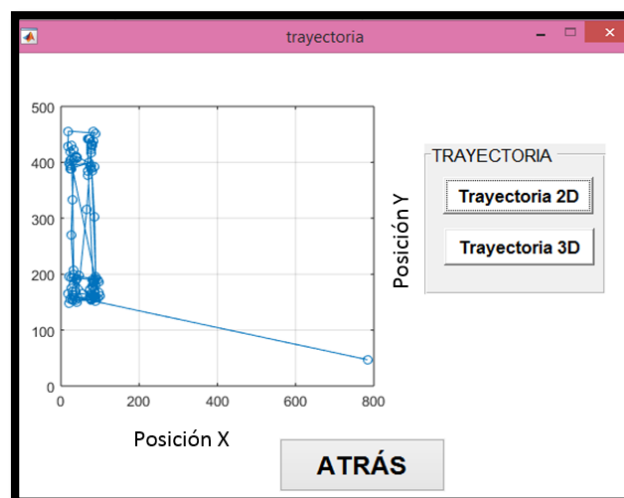
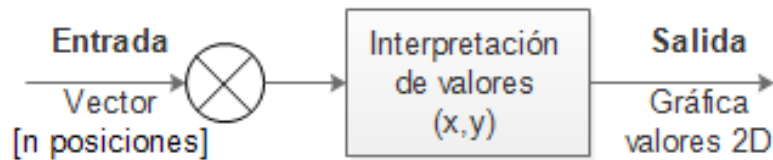


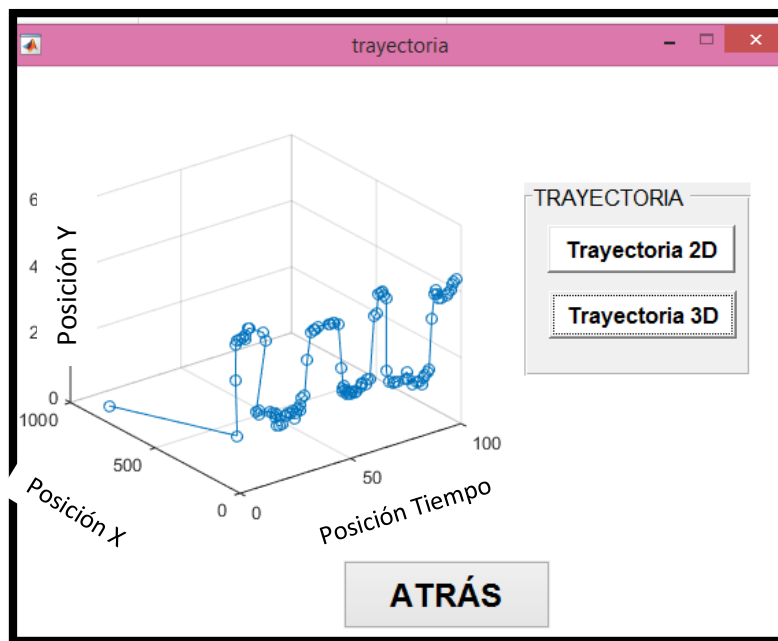
Figura 28 Gráfica de los valores en 2D

Se muestra el diagrama de bloques que explica el algoritmo utilizado para obtener la gráfica 2D (ver Figura 29).



**Figura 29 Diagrama de bloques obtención gráfica 2D**

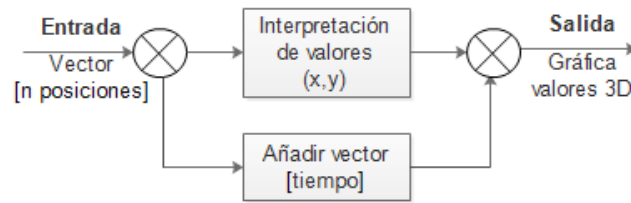
Además, se tomará otra variable “tiempo” añadiendo a la gráfica que indicará la trayectoria realizada de los que el individuo observa (ver Figura 30). Dando como resultado a una gráfica en secuencia de los puntos que mira.



**Figura 30 Gráfica de las trayectorias en etapas consecutivas 3D**

Se muestra el diagrama de bloques que explica el algoritmo utilizado para obtener la gráfica 3D (ver Figura 31).

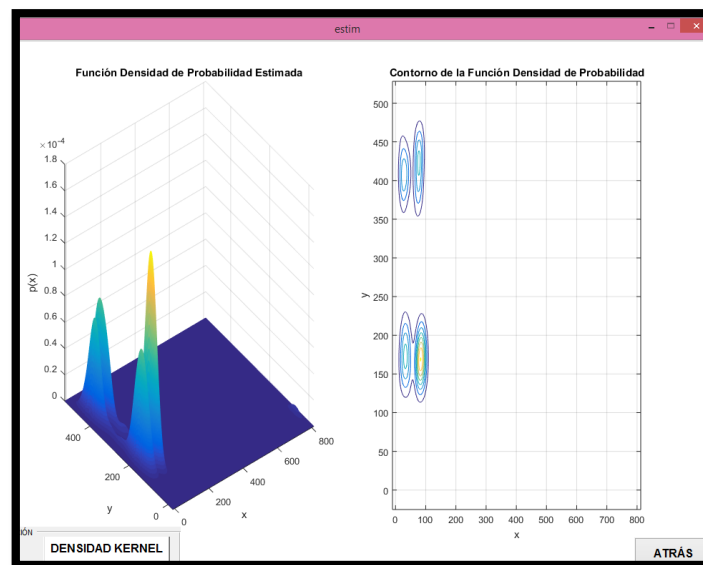




**Figura 31 Diagrama de bloques obtención gráfica 3D**

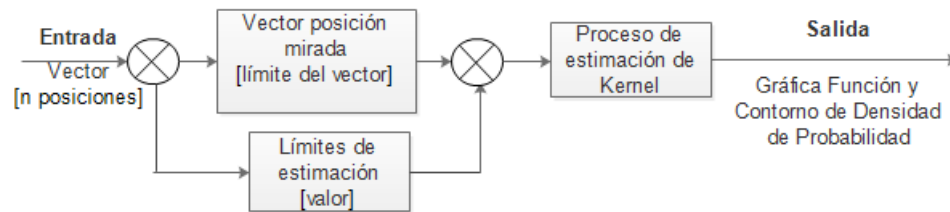
### 3.2.4 Estimación de Densidad de Kernel

Posteriormente se desea obtener el mapa de calor para lo cual, se debe mediante el uso del algoritmo de Estimación de Densidad Gaussiana Bivariante de Kernel se adquiere la gráfica (ver Figura 32). Ya que al poseer las coordenadas (x-y) se debe utilizar la densidad de Kernel para entidades de puntos que busca ajustarse a una superficie curva uniforme en cada punto; esto resulta en que la Densidad de Kernel utiliza un modelo ráster o conocido también como modelo de celdas, cuya función es en cada celda obtener el número de repeticiones que existe en la celda. El fin de uso de Kernel es que la gráfica muestra áreas resultantes suavizadas.



**Figura 32 Gráfica de la estimación de densidad de Kernel**

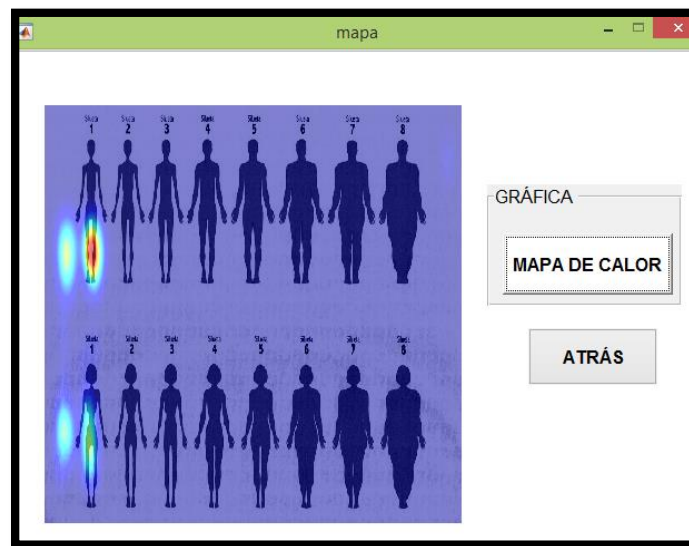
Se muestra el diagrama de bloques que explica el algoritmo utilizado para obtener la Densidad de Kernel (ver Figura 33).



**Figura 33 Diagrama de bloques obtención gráfica función de densidad de probabilidad**

### 3.2.5 Curva de nivel

Finalmente, se obtiene el gráfico por curvas de nivel, cuyo resultado se obtiene mediante el uso del algoritmo antes mencionado con la imagen original conocida como mapas de calor (ver Figura 34).



**Figura 34 Gráfica por curva de nivel**

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1 Aplicación de test psicológico

Para realizar la interpretación de los datos que emita el sensor ocular se pretende realizar un análisis mediante el uso del software Matlab, procediendo a realizar gráficas en 2D. Para su posterior análisis de las mismas. En la aplicación del uso del sistema se propone el desarrollo y aplicación del test de siluetas, que se detalla a continuación.

**Test de siluetas:** Orientado a reconocimiento de las siluetas presentes en la gráfica, cuyo objetivo es poder detectar posibles casos de anorexia (ver Figura 35).

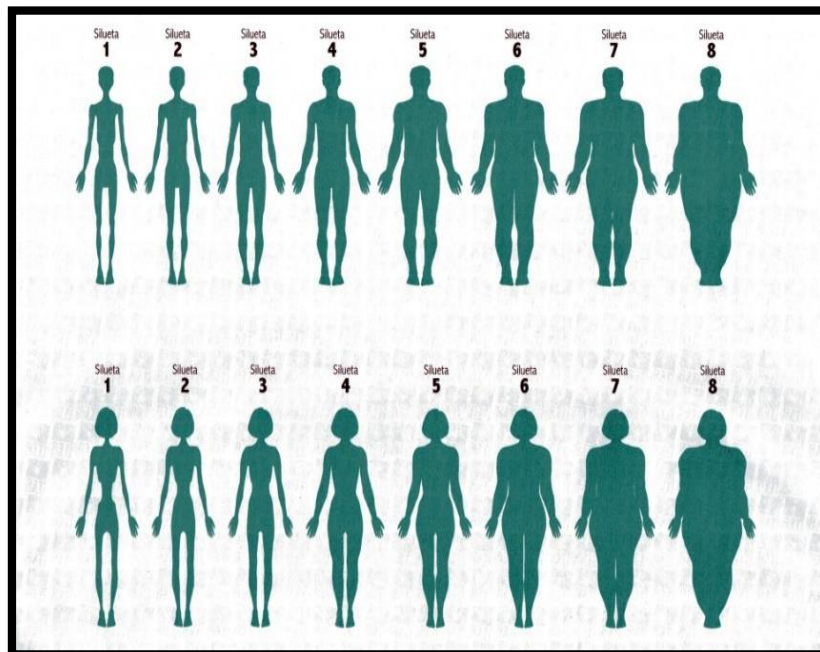


Figura 35 Gráfica del test de siluetas

Para el desarrollo del test se procederá de manera verbal a la realización de preguntas que se detallan a continuación, mismas que la persona que realice el test lo único que deberá realizar es mirar de manera atenta a la pantalla respondiendo a cada una de las preguntas que se formulen como se muestra en la tabla 8; ya que las respuestas serán netamente visuales.

**Tabla 8**

**Preguntas del test**

PREGUNTAS	
1	¿Qué silueta representa tu peso actual?
2	¿Qué silueta representa tu peso ideal?
3	¿Qué silueta elegirías como pareja?
4	¿Qué silueta crees que elegiría una persona del sexo opuesto contrario como pareja?
5	¿Qué silueta le gustaría a tu madre que tuvieras?
6	¿Qué silueta le gustaría a tu padre que tuvieras?

#### 4.2 Análisis de los resultados

Para el análisis del trabajo, se optó por tomar dos grupos de prueba que a continuación se detalla:

- **Grupo 1:** Conformado por 15 personas, 3 hombres y 12 mujeres en el rango de 16 a 17 años de edad. Mismos que responderán a las preguntas del test únicamente de manera visual. Con el objetivo de poder comprobar la utilización del sistema.
- **Grupo 2:** Conformado por 10 estudiantes, 8 hombres y 2 mujeres entre la edad de 18 a 20 años. Dichos estudiantes deberán realizar el test de manera escrita y pasado un lapso de tiempo prudente se realizará el test en el sistema.

A continuación se detalla los aspectos que se toma en cuenta para su estudio:

- Pruebas del sistema
- Pruebas escritas vs pruebas del sistema
- Distancia de interacción

- Pruebas mediante el uso de lentes
- Usabilidad del sistema

#### **4.2.1 Pruebas del sistema**

Las pruebas realizadas como se detalló anteriormente fue al grupo 1 mismas que se muestran en el Anexo A. Obteniendo de los 15 estudiantes un 100% de aceptabilidad en el uso del sistema y por ende la interpretación de datos en el desarrollo del test.

#### **4.2.2 Pruebas escritas vs pruebas del sistema**

Esta comparativa de test escrito y resultado del sistema, es con el objetivo de cotejar el sistema tradicional a lo que hoy se propone mediante el uso del sistema. Ya que las pruebas desarrolladas de manera tradicional (escritas) se observa que existe un nivel de presión e indecisión al momento de responder; mientras que al usar el sistema y al no ser invasivo tiende hacer de uso confiable. Dando lugar a que los resultados sean más fiables, ya que responden de manera rápida y porque no decirlo involuntaria a lo que piensa y quiere decir.

En el Anexo A, se muestran las pruebas realizadas en el sistema al grupo 2. Para el análisis se realizó la tabla de las respuestas del test escrito vs las respuestas del sistema. A continuación se explica un ejemplo de los pasos realizados para la interpretación de las respuestas.

1. Obtener la tabla de respuestas del test escrito vs el sistema como muestra la tabla 9.

Tabla 9

## Respuestas test escrito vs el sistema

USUARIO 4								
EXPERIMENTO II	SILUETA 1	SILUETA 2	SILUETA 3	SILUETA 4	SILUETA 5	SILUETA 6	SILUETA 7	SILUETA 8
PREGUNTA 1						X		
CÁLCULO 1							X	
PREGUNTA 2						X		
CÁLCULO 2						X		
PREGUNTA 3						X		
CÁLCULO 3				X				
PREGUNTA 4					X			
CÁLCULO 4				X				
PREGUNTA 5						X		
CÁLCULO 5					X			
PREGUNTA 6						X		
CÁLCULO 6				X				

2. Para el análisis de la tabla 9 en cada uno de los casos se procede a realizar un análisis de acuerdo al desplazamiento entre la respuesta del test escrito vs el test en el sistema (ver Figura 36).

USUARIO 4								
EXPERIMENTO II	SILUETA 1	SILUETA 2	SILUETA 3	SILUETA 4	SILUETA 5	SILUETA 6	SILUETA 7	SILUETA 8
PREGUNTA 1						X		
CÁLCULO 1							X	
PREGUNTA 2						X		
CÁLCULO 2						X		
PREGUNTA 3						X		
CÁLCULO 3				X				
PREGUNTA 4					X			
CÁLCULO 4				X				
PREGUNTA 5						X		
CÁLCULO 5					X			
PREGUNTA 6						X		
CÁLCULO 6				X				

Figura 36 Análisis para la obtención del valor de desplazamiento

3. Para obtener valores de desplazamiento a la tabla 9 se procede a obtener la diferencia del desplazamiento entre la respuesta escrita y del sistema tomando

en cuenta que cada cuadrícula representa a un valor de 0,5. Dando valores positivos el desplazamiento a la derecha y valores negativos el desplazamiento a la izquierda como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**

**Valores de desplazamiento entre las respuestas**

PREGUNTA 1	0,5
PREGUNTA 2	0
PREGUNTA 3	-1
PREGUNTA 4	-0,5
PREGUNTA 5	-0,5
PREGUNTA 6	-1

4. Los valores anteriormente obtenidos se deben tomar valores absolutos, es decir valores positivos como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11**

**Valores discretos de los desplazamientos entre respuestas**

PREGUNTA 1	0,5
PREGUNTA 2	0
PREGUNTA 3	1
PREGUNTA 4	0,5
PREGUNTA 5	0,5
PREGUNTA 6	1

A continuación se muestra en la tabla 12, una escala cualitativa de las posibles respuestas con su significado.

Tabla 12

## Escala cualitativa de los valores de desplazamiento

VALORES (x=valor de desplazamiento)	SIGNIFICADO
x = 0	Igual
X=0,5 ^ x=1	Similar
X=1,5 ^ x=2	Diferente
X=2,5 ^ x=3,5	Muy diferente

5. Se obtiene el histograma de los valores mostrados en la tabla 10, indicando por su mayor concentración en desplazamientos negativos se presume que existe subestimación en las respuestas; es decir, a la silueta de respuesta en el test escrito en relación a la del sistema es una silueta de menor contextura. (ver Figura 37).

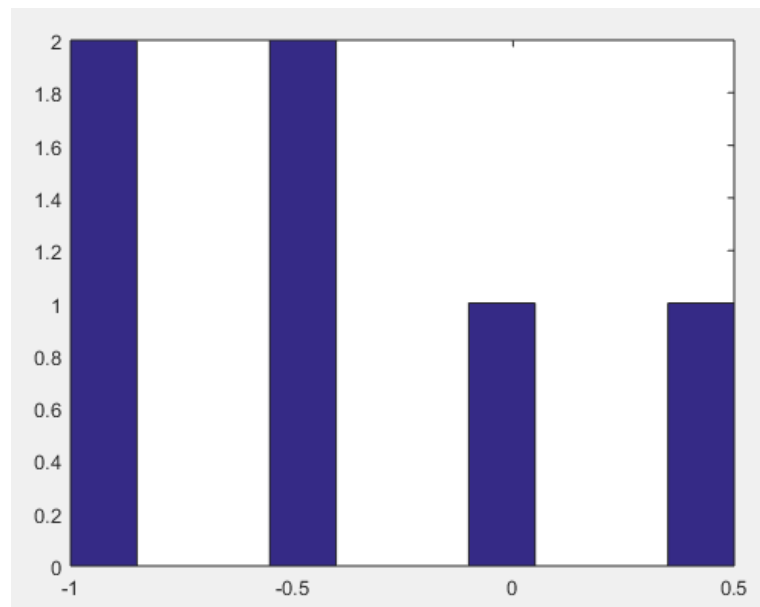
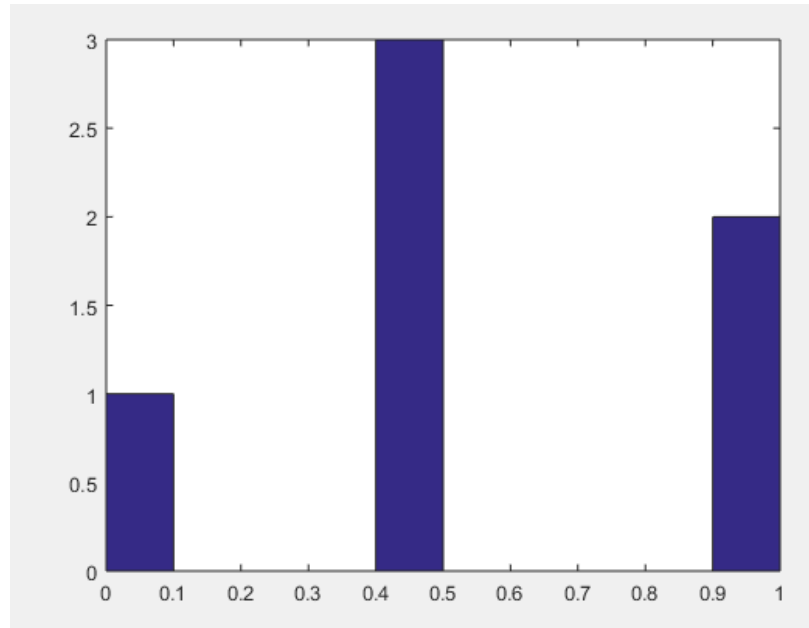


Figura 37 Histograma de valores en los desplazamientos obtenidos



Y el histograma de la tabla 11, que toma valores absolutos se obtiene un valor=0,5; y por la tabla cualitativa se dice que son similares las respuestas del test escrito vs las respuestas de sistema (ver Figura 38).



**Figura 38 Histograma de los valores absolutos de desplazamiento**

En el Anexo A, se muestra el análisis de los 10 estudiantes detallado como se lo realizó anteriormente. En la tabla 13 se muestra si los usuarios sobrestiman o subestiman su condición.

**Tabla 13****Resultado de condición del grupo 2**

<b>USUARIO</b>	<b>CONDICIÓN</b>
1	Sobrestima
2	Subestima
3	Subestima
4	Subestima
5	Subestima
6	Subestima
7	Sobrestima
8	Subestima
9	Subestima
10	Subestima

En la tabla 14 se muestra la relación de cada usuario existente entre las respuestas del test escrito vs el sistema.

**Tabla 14****Relación de respuestas del grupo 2**

<b>USUARIO</b>	<b>VALOR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
1	1	Similar
2	1	Similar
3	1,5	Diferente
4	0,5	Similar
5	1	Similar
6	1	Similar
7	0,5	Similar
8	1,5	Diferente
9	1,5	Diferente
10	1,5	Diferente

Además, del grupo 2 se realizó un análisis por cada una de las preguntas respondidas como se muestra en el Anexo A, en la tabla 18 se muestra los valores de desplazamiento por cada usuario a cada una de las preguntas.

Obteniendo un resultado global por respuesta a cada una de las preguntas como se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15**

**Relación de cada pregunta de los usuarios**

PREGUNTA	CONDICIÓN	VALOR	SIGNIFICADO
1	Subestiman	1	Similar
2	Subestiman	1	Similar
3	Subestiman	0,5	Similar
4	Subestiman	1	Similar
5	Subestiman	1	Similar
6	Subestiman	1	Similar

**4.2.3 Distancia de interacción**

Entre las prestaciones del sensor existe un rango de distancia para el correcto funcionamiento entre el sensor ocular y el ojo humano (ver Figura 39), el rango de distancia preestablecida es de 50 a 90 cm.



**Figura 39 Distancia de interacción**

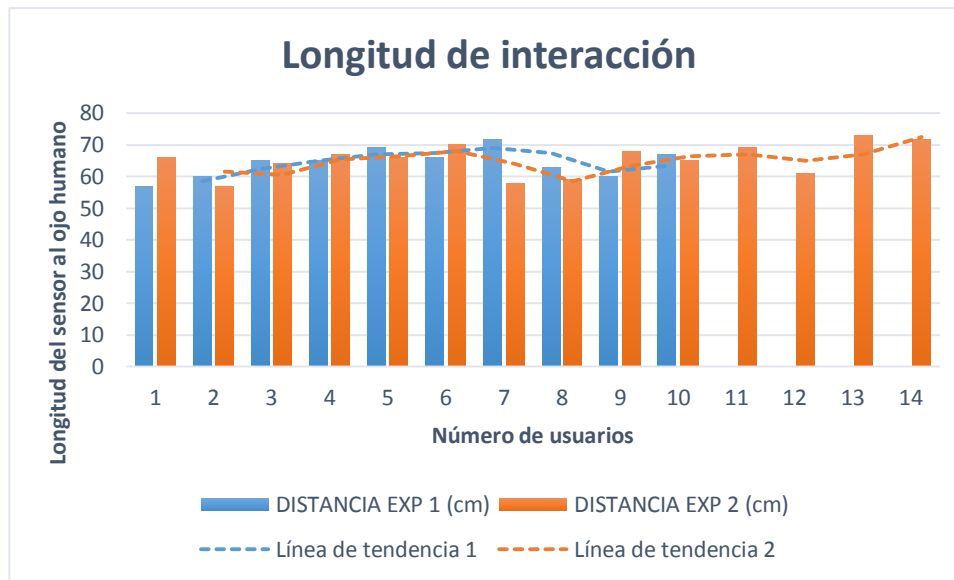
En las pruebas con los dos grupos se obtuvo las siguientes dimensiones como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16**

**Longitud de cada usuario en los experimentos**

<b>Nº</b>	<b>Distancia experimento 1 (cm)</b>	<b>Nº</b>	<b>Distancia experimento 2 (cm)</b>
<b>1</b>	66	1	57
<b>2</b>	57	2	60
<b>3</b>	64	3	65
<b>4</b>	67	4	65
<b>5</b>	66	5	69
<b>6</b>	70	6	66
<b>7</b>	58	7	72
<b>8</b>	59	8	63
<b>9</b>	68	9	60
<b>10</b>	65	10	67
<b>12</b>	69		
<b>13</b>	61		
<b>14</b>	73		
<b>15</b>	72		

A continuación, se observa las longitudes tomadas en cada usuario (ver Figura 40), teniendo un rango de 60 a 70 cm de aceptabilidad para el correcto desempeño del sensor; y confirmando otra de las características propias del sensor ocular.



**Figura 40 Distancia existente del sensor al ojo humano**

#### 4.2.4 Pruebas mediante el uso de lentes

En los dos experimentos realizados se logró encontrar casos mínimos de personas que utilizan lentes, cabe recalcar que en el desarrollo del test no existió problema en el desarrollo del mismo. Confirmando una de las características que brinda el sensor ocular. En la tabla 17 se muestra el número de personas que usan lentes así como el género, tomando en cuenta que en el experimento 1 existieron mujeres mientras que en el experimento 2 existieron hombres que usan lentes; dando como pauta que el sensor ocular funciona para personas que utilizan lentes independientemente del género.

**Tabla 17**

#### Número de usuarios que usan lentes en los experimentos

EXPERIMENTO 1		EXPERIMENTO 2	
Nº	GÉNERO	Nº	GÉNERO
USUARIOS		USUARIOS	
2	Femenino	3	Masculino

#### **4.2.5 Usabilidad del sistema**

En el desarrollo de este sistema se realizó, el test de usabilidad del mismo. Tomando en cuenta que luego del análisis se debe obtener un promedio global superior al 68% para que posea una usabilidad adecuada según el estándar del cuestionario.

En los dos experimentos se realizó el cuestionario SUS, obteniendo los siguientes resultados como se muestra en el Anexo A, tabla 19. En el experimento 1, el resultado es de 73,33% mientras que los resultados del experimento 2 se muestran en el Anexo A, tabla 20 el resultado es el 72,75%. Indicando en los dos casos que el sistema está sobre el promedio de usabilidad.

#### **4.3 Discusión de resultados**

En las pruebas del sistema al primer grupo existió un nivel de aceptabilidad del sistema de todos los usuarios, dando esta característica al sistema una cualidad de aceptabilidad.

En las pruebas del sistema vs el escrito existe un porcentaje de -1 ya que los usuarios tienen a subestimar su condición mientras que existen casos de +1 que tienden a sobreestimar su condición. Y entre las respuestas realizadas en el test escrito y el sistema, las mismas fueron similares.

Entre las pruebas tradicionales y el sistema, se obtuvo un nivel de confiabilidad en la utilización del sistema ya que los usuarios no se encuentran con algún nivel de presión al momento de responder. Además, los porcentajes obtenidos en la encuesta SUS muestran que el sistema implementado es cómodo, fácil de manipular y útil al momento de realizar un test psicológico.

#### **4.4 Comprobación de la hipótesis**

En las experimentaciones realizadas con el sistema se evidencia una amplia aplicabilidad en el ámbito de psicología, ya que en la manera de tradicional que los psicólogos realizan un diagnóstico varias ocasiones suelen ser invasivas e incómodas. Tomando en cuenta estas consideraciones se logró determinar que los usuarios tuvieron seguridad al momento de realizar el test interactuando de manera innovadora utilizando dispositivos tecnológicos que hoy en la actualidad se presentan.

Comprobándose que el sistema no invasivo basado en el seguimiento de la posición de los ojos permitirá mejorar la aplicación de test psicológicos y se probó que el sistema cumple con los estándares de usabilidad emitidos por el SUS.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- El desarrollo del sistema no invasivo basado en el seguimiento de la posición de ojos es una herramienta que permite aplicar test psicológicos de manera rápida, no intrusiva y eficiente.
- Al utilizar el test psicológico de siluetas de manera escrita los usuarios se sienten con un índice de presión lo que provoca falsas respuestas de la condición corporal que presentan, como lo indica en un estudio realizado en el Continente Europeo en el 2013 a 15 países y en tres países de América Latina en el 2014.
- El software Unity 3D es un lenguaje de programación de gran uso en el desarrollo de la implementación y funcionalidad del Tobii Eye Tracker, que posee un alta capacidad en el tratamiento de datos así como manejo de vectores que permiten mejorar el análisis estadístico.
- El rango óptimo para el correcto funcionamiento está en el rango de 60 a 70 cm del sensor ocular al ojo humano.
- El sensor Tobii Eye Tracker no presenta irregularidades en su funcionamiento con usuarios que utilizan lentes.
- El análisis estadístico está enfocado en el uso de gráficas que sean de fácil interpretación al momento de realizar el test psicológico.
- El algoritmo de Estimación de Densidad Gaussiana Bivariante de Kernel utilizado en el análisis estadístico cuya finalidad es la obtención de una probabilidad estimada que servirá para obtener el mapa de calor.



## 5.2 Recomendaciones

- El sensor ocular Tobii Eye Tracker 4C es recomendable para el desarrollo del sistema ya que posee características adecuadas como distancia de interacción, funciona para usuarios que usen lentes. Además de ser un dispositivo económico y tamaño promedio.
- Realizar la calibración y ajustes del sensor ocular en el computador que se va a desarrollar el sistema para que las lecturas obtenidas sean correctas y no interfiera en el desarrollo estadístico.
- Se recomienda al usuario en el desarrollo de la evaluación procurar no salirse de la imagen, ya que se tomaría valores fuera de rango y con dichos valores no se podría calcular la estimación de densidad.
- Para el uso del sistema, se recomienda la intervención de una persona adulta para el buen uso de la herramienta.
- Se recomienda que los usuarios tomar en cuenta los principios ergonómicos para un buen desempeño del uso del sistema cuidando así la integridad del usuario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akira Fujita, N. T. (2016). "Development of a Reading Skill Test to Measure Basic Language Skills". *IEEE*, 156-159.
- Bejerano, P. G. *Cuatro ejemplos de interfaz gestual*. Recuperado el 16 de Abril del 2017, Obtenido de <http://blogthinkbig.com/interfaz-gestual-ejemplos/>
- BRAIN AND MARKETING*. Recuperado el 28 de Marzo de 2017, Obtenido de <http://brainandmarketing.blogspot.com/2016/02/eye-tracking-neuromarketing.html>
- Cañuelo, C. *ladislexia*. Recuperado el 15 de Marzo del 2017, Obtenido de <http://www.ladislexia.net/wp-content/uploads/2012/02/Lectura-de-Palabras-y-Pseudopalabras.pdf>
- Carolina Mejía, B. F. (2017). "A novel Web-Based Approach for Visualization and Inspection of Reading Difficulties on University Students". *IEEE*, 53-67.
- Cortés, A. (s.f.). *Manual de Técnicas para el Diseño Participativo de Interfaces de Usuario de Sistemas basados*. Recuperado el 23 de Mayo del 2017, Obtenido de [http://www.disenomovil.mobi/multimedia\\_un/trabajo\\_final/03\\_cuestionarios\\_modelo\\_usabilidad\\_web.pdf](http://www.disenomovil.mobi/multimedia_un/trabajo_final/03_cuestionarios_modelo_usabilidad_web.pdf)
- Cracovia, E. P. (s.f.). *La influencia de los colores en el proceso de aprendizaje*. Recuperado el 24 de Febrero del 2017, Obtenido de <http://profesuj20.blogspot.com/2015/01/la-influencia-de-los-colores-en-el.html>
- Cruz, C. M. (2008). TSA. Test de Siluetas para Adolescentes. En C. M. Cruz. España: TEA.
- El blog sobre neuromarketing en español*. Recuerado el 28 de Marzo del 2017, Obtenido de <http://neuromarca.com/neuromarketing/eye-tracking/>
- Florida, A. *Algunos cuestionarios conocidos*. Recuperado el 13 de Abril del 2017, Obtenido de <https://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/nuevos/CuestCon.htm>
- González, J. G. Software de comunicación para personas con parálisis cerebral. Madrid. Recuperado el 30 de Marzo de 2017, Obtenido de <http://eprints.ucm.es/39887/1/Software%20de%20comunicaci%C3%B3n%20para%20personas%20con%20par%C3%A1lisis%20cerebral%20-%20Memoria.pdf>

- GOULD, J. C. (1975). A psychological study of query by example. *National Computer Conference*.
- Hayes, N. (1999). *Foundatio of Psychology*. España-Madrid.
- Kaufman, A. S. (2012). *Test Breve de Inteligencia de Kaufman K-BIT*. TEA.
- Knueppel, K. (2015). Struggles in School or Work May Be Caused by a Functional Vision Problem. *Vision Therapy*.
- Kuno Kurzhals, M. H. (2017). "Visual Analytics for Mobile Eye Tracking". *IEEE*, 301-310.
- MindMetriks*. Recuperado el 8 de Febrero del 2017, Obtenido de <http://www.mindmetriks.com/videos-y-usos-de-los-eye-trackers.html>
- Navarro Martínez Oscar, M. D. (s.f.). Utilización de Eye Tracking para evaluar el uso de información verbal en materiales multimedia. *Pixel-Bit*, 51-66.
- Palo, O. (20 de 4 de 2013). *Juegos.es*. Recuperado de 18 de Marzo del 2017, Obtenido de <http://juegos.es/pc/leap-motion-un-superkinect-disponible-en-mayo-93670>
- Rambli, A. B. (2016). Automated calibration for optical see-through head mounted display using display screen space based eye tracking . *3rd International Conferece on Computer and Information Sciences (ICCOINS)*, (págs. 448-453). Malaysia.
- Rochín, J. (2011). *Teoría y Psicología*. México, D.F.:Editorial TEA
- Salamanca, G. H. *CENTRO DE OPTOMETRÍA COMPORTAMENTAL san francisco*. Recuperado el 5 de Mayo del 2017, Obtenido de <http://optometriasanfrancisco.es/dislexia-y-vision/#>
- Sayeed Safayet Alam, R. J. (2017). "Analyzing Eye Tracking Information in Visualization and Data Space: From Where on the Screen to What on the Screen". *IEEE*, 1492-1505.
- Test de Inteligencia*. Recuperado el 16 de Mayo del 2017, Obtenido de <http://www.testdeinteligencia.com.ar/v-test-inteligencia-wais.htm>
- Tobii Eye Tracking*. Recuperado el 17 de Mayo del 2017, Obtenido de <https://tobii.github.io/UnitySDK/manual#getting-started>
- Tomás, J. (2014). Aberrometría ocular: aplicaciones clínicas y limitaciones de los sensores de frente de onda. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, (págs. 93-105). España.
- Unity Analytics. *Unity*. Recuperado el 10 de Abril del 2017, de <https://unity3d.com/es/>
- Vega, F. C. (1990).

*Psicología de la lectura.* Madrid: S.A. ESCUELA ESPAÑOLA.

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita:


***VERÓNICA ELIZABETH LUNA SALGUERO***

En la ciudad de Latacunga, a los 31 días del mes de julio del 2017.

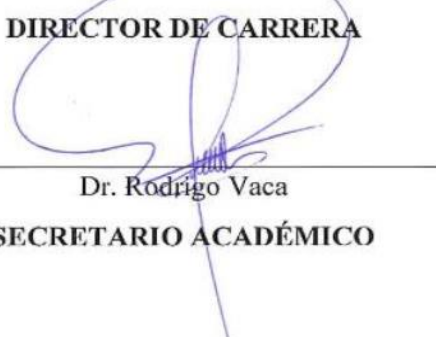


Ing. David Rivas  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**Aprobado por:**



Ing. Franklin Silva  
**DIRECTOR DE CARRERA**



Dr. Rodrigo Vaca  
**SECRETARIO ACADÉMICO**