



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍAS APLICADAS**

**TEMA  
“DISEÑO DE UNA PIZARRA INTERACTIVA USANDO  
UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS”**

**AUTOR  
GAMBOA BONILLA JHONATAN FABIÁN**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. TELECOM. ORTÍZ MOSQUERA NEISER STALIN, MG.**

**GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2018**

**Declaración de Autoría**

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

**Gamboa Bonilla Jhonatan Fabián**

**CC 0940535156**

### **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios por permitirme a esta etapa de culminación de mis estudios y darme fuerzas para no redime.

A mi madre y a mi abuela por todos estos años de apoyo y ser la motivación para seguir adelante y cumplir con esta meta.

A mis amigos por el apoyo a lo largo de estos años de estudio y por los conocimientos compartidos en este tiempo.

Agradezco a mi tutor de tesis, Ingeniero Neiser Ortiz por el apoyo brindado y sobre todo por la motivación para seguir adelante con el trabajo de investigación presente.

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi madre y a mi abuela por el incondicional apoyo para que sea perseverante y no me rinda en este trabajo de investigación.

También se lo dedico a mi tía que ha sido como mi hermana y que ha estado apoyándome constantemente.

## Índice General

N°	Descripción	Pág.
	<b>Introducción</b>	<b>1</b>

## Capítulo I

### El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.1.1.	Formulación del problema	3
1.1.2.	Sistematización del problema	4
1.2.	Objetivos	4
1.2.1.	Objetivos generales	4
1.2.2.	Objetivos específicos	4
1.3.	Justificación e importancia	5
1.4.	Delimitación del problema	6
1.5.	Hipótesis	6
1.6.	Operacionalización	6
1.7.	Alcance	7

## Capítulo II

### Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1.	Antecedentes	9
2.2.	Marco Conceptual	11
2.2.1.	Facultad de Ingeniería Industrial.	11
2.2.2.	Ubicación	11
2.2.3.	Pizarras Convencionales	12
2.2.4.	Pizarras Blancas	12
2.2.5.	Marcadores Acrílicos.	13
2.2.6.	Marcadores recargables	13
2.2.7.	Polución por Plásticos	15
2.2.8.	Ministerio del Ambiente	16
2.2.9.	Pizarras digitales interactivas	17
2.2.10.	Smart Technologies	18
2.2.11.	Proyectores	24
2.2.12.	Otras Opciones en el mercado	25

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.2.13.	Visión por computadora	28
2.2.14.	Matlab	29
2.2.15.	RGB	30
2.2.16.	Umbralización de imágenes	31
2.2.17.	Luminancia	31
2.2.18.	Cálculo del centroide en Matlab	32
2.2.19.	Binarización de imágenes	32
2.2.20.	Control del puntero de Windows por medio de la librería de java	33
2.2.21.	Infrarrojo	33
2.2.22.	Cámara Infrarroja	34

### **Capítulo III**

#### **Metodología**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1.	Métodos de Investigación	35
3.1.1.	Investigación Bibliográfica	35
3.1.2.	Investigación Experimental	35
3.1.3.	Investigación Cuantitativa	35
3.1.4.	Investigación Cuantitativa	36
3.1.5.	Población y Muestra	36
3.1.6.	Análisis de la Encuesta	47

### **Capítulo IV**

#### **Propuesta**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
4.1.	Introducción	48
4.2.	Propuesta	50
4.3.	Diseño de la propuesta	51
4.4.	Configuración de Cámara Omega	53
4.5.	Algoritmo de Binarización de imagen para detección de LED.	55
4.6.	Algoritmo del cálculo del centroide	57
4.7.	Umbralización	58
4.8.	Algoritmo de controles de cursor de Windows.	58
4.9.	Elaboración del puntero led	59
4.10.	Elaboración de cámara infrarroja	60

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
4.11.	Tiempo de ejecución del programa	62
4.12.	Presupuesto.	63
4.13.	Pruebas realizadas en el diseño del prototipo.	63
4.13.1.	Pruebas de adquisición de datos con cámara web.	63
4.13.2.	Pruebas para detección del puntero.	64
4.13.3.	Pruebas del control del cursor.	65
4.14.	Conclusiones	66
4.15.	Recomendaciones	68
	Anexos	70
	Bibliografía	80

## Índice de figuras

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Facultad de Ingeniería Industrial	12
<u>2</u>	Componentes de marcadores acrílicos.	14
<u>3</u>	Ciclo de vida de los marcadores acrílicos.	15
4.	Contaminación por plástico en una playa de Ecuador.	16
5.	Primera SmartBoard.	19
6.	Smart Board 600.	19
<u>7</u>	Smart Board 800.	20
8.	Smart Board 400.	20
9.	Microsoft Lync.	21
10.	Comparación de los precios de los dispositivos con respecto a la propuesta.	23
<u>11</u>	Esquema de conexiones de la pizarra digital smart.	24
<u>12</u>	Presentación de una pizarra Ilboard.	25
<u>13</u>	Vista de un control de Nintendo Wii.	26
14.	Esquema de comunicación con el dispositivo Wiimote.	27
15.	Microsoft Xbox 360 Kinect.	28
16	Representación de una imagen digital	29
<u>17</u>	Matlab.	30
18.	Mezcla de colores.	30
19.	Umbral de máxima entropía.	31
20.	Centroide de objetos.	32
21.	Proceso de Binarización de una imagen.	33
22.	Disponibilidad para usar la pizarra digital.	37
23.	Implementación de pizarra interactiva.	38
24.	Optimización de tiempo de clases.	39
25.	Pizarra interactiva como material más práctico.	40
26.	Amigable con el medio ambiente.	41
27.	Optimización de recursos.	42
28.	Alternativa para el presupuesto.	43
29.	Proyectores en las aulas.	44
30.	Proyectores en buen estado.	45
31.	Cantidad de marcadores usados.	46



<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
32.	Esquema de comunicación entre los dispositivos integrados.	51
33.	Diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo.	52
34.	Diagrama del proceso de instalación de paquetes en Matlab.	53
35.	Diagrama del algoritmo de adquisición de datos.	54
36.	Cámara web utilizada como tarjeta de adquisición de datos.	55
37.	Diagrama del proceso de Binarización de imagen.	56
38.	Imagen del algoritmo de Binarización para distinción de luz.	57
39.	Diagrama del algoritmo del cálculo del centroide.	58
40.	Prototipo de puntero infrarrojo para pruebas.	60
41.	Procedimiento para elaboración de cámara IR.	61
42.	Visualización de luz infrarroja.	62
43.	Pruebas de detección del puntero.	65
44.	Pruebas del control del cursor frente al computador.	66

## Índice de tablas

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Operacionalización de variables	6
2.	Evaluación de precios de Smart Board en el mercado actual	22
3.	Evaluación de precios en otra página de comercio electrónico	22
4.	Disponibilidad para usar pizarra digital	37
5.	Implementación de la pizarra interactiva	38
6.	Optimización de tiempo en clases	39
7.	Pizarra interactiva como material más practico	40
8.	Amigable con el medio ambiente	41
9.	Optimización de recursos	42
10.	Alternativa para el presupuesto	43
11.	Proyectores en las aulas	44
12.	Proyectores en buen estado	45
13.	Cantidad de marcadores usados	46
14.	Calculo estimado de marcadores por mes	49
15.	Especificaciones técnicas de la cámara	55
16.	Detalle de las acciones del cursor del mouse	59
17.	Costo aproximado del prototipo	63
18.	Resultados de pruebas realizadas	66

**Índice de Anexos**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Proceso De Instalación de Paquetes en Matlab	71
2.	Ventana de comandos para visualizar propiedades cámara	72
3.	Código para Adquisición de Datos	73
4.	Pruebas de visualización de cámara por visor de Matlab	74
5.	Algoritmo para procesamiento de imágenes.	75
7.	Algoritmo para activación de funciones del cursor de Windows	76
8.	Proceso de empaquetamiento para archivo ejecutable (:EXE)	77
9.	Preguntas de la Encuesta Realizadas a los docentes de la Carrera.	78



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA TELEINFORMÁTICA**

---

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“DISEÑO DE UNA PIZARRA INTERACTIVA  
USANDO UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE  
DATOS”**

**Autor:** Gamboa Bonilla Jhonatan Fabián

**Tutor:** Ing. Telecom. Ortiz Mosquera Neiser Stalin. Mg.

**Resumen**

En el presente trabajo de investigación se desarrolló un prototipo de pizarra interactiva en el que se utilizó la plataforma Matlab y un dispositivo de adquisición de datos que ayuda a realizar el procesamiento de imágenes en el que detecta la luz infrarroja con el cual se pueden controlar funciones del cursor de Windows. Debido al impacto negativo que ocasionan al ecosistema los residuos plásticos y tóxicos de los marcadores acrílicos, y al recurrente gasto que hace la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil en la adquisición de estos materiales para actividades académicas, la mayoría de los docentes de la carrera de Ingeniería en Teleinformática está de acuerdo en la implementación de pizarras interactivas. En el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo las técnicas metodológicas como la bibliográfica, cuantitativa y experimental, en la cual en la metodología cuantitativa se realizaron encuestas a los docentes para comprobar el número de insumos acrílicos que se utilizan y comprobar que hayan proyectores instalados en las aulas de la carrera y que estén en buen estado, se comprobó que hay gran demanda de marcadores acrílicos y que no todas las aulas cuentan con proyectores instalados y en buen estado. El prototipo desarrollado usa procesos de Binarización y cálculo de centroide en la plataforma de Matlab para la detección del LED infrarrojo y para el control del cursor los cuales se traducen como comandos para la computadora, funciona aproximadamente a 2 metros de distancia de la cámara, en un ambiente cerrado ya que la luz solar que se refleja en la superficie causa interferencia al momento en el que se enfoca la cámara y como consecuencia resultan problemas en la ejecución, aunque se necesita de procesos de corrección proyectiva para usarlo sobre una superficie proyectada como una pantalla táctil.

**Palabras Claves:** Procesamiento, detección, cámara web, luz infrarroja, cursor de Windows, comandos.



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA TELEINFORMÁTICA**

---

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“DESIGN OF AN INTERACTIVE WHITEBOARD USING A DATA  
ACQUISITION CARD.”**

**Author:** Gamboa Bonilla Jhonatan Fabián

**Advisor:** TE Ortiz Mosquera Neiser Stalin, Mg.

**Abstract**

In the present work of investigation, an interactive whiteboard prototype was developed in which the Matlab platform and a data acquisition device were required that helps to perform the image processing which detects the infrared light with which can be controlled Windows cursor functions. Due to the negative impact that the plastic and toxic residues of the acrylic markers cause to the ecosystem, and to the recurrent expenditure made by the Faculty of Industrial Engineering of the University of Guayaquil in the acquisition of these materials for academic activities, the majority teachers of the engineering career in Teleinformatics agree on the implementation of interactive whiteboards. In the development of the project, methodological techniques were carried out, such as the bibliographic, quantitative and experimental, in which in the quantitative methodology was used to conduct surveys to teachers to check the number of acrylic inputs that are used and to verify that projectors are installed in the classrooms of the career and that are in good conditions, it was found that there is a great demand of acrylic markers and that not all classrooms have these devices of projection installed and in good conditions. The developed prototype uses Binarization and centroid calculation processes on the Matlab platform for the detection of the infrared LED and for the control of the cursor which are translated as commands for the computer, where it works approximately 2 meters away from the camera, in a closed environment because the sunlight reflected on the surface causes interference at the time that the camera is focused, and as consequences result problems in the execution, although projective correction processes are needed to use it on a surface projected as a touch screen.

**Keywords:** Processing, detection, web camera, infrared light, Windows cursor, commands.

## **Introducción**

Con el paso del tiempo los instrumentos para que los maestros desarrollen sus actividades académicas han evolucionado, sin embargo los residuos de estos suministros se han ido acumulando a largo de los años lo que afecta de manera negativa al medio ambiente, y se afecta la salud de las personas que utilizan estas herramientas a largo plazo debido a los componentes tóxicos que poseen.

Como alternativa se han desarrollado dispositivos tecnológicos como pizarras digitales interactivas con la capacidad de usar pantallas resistivas para las actividades escolares y herramientas útiles para los docentes, el principal inconveniente de estos implementos es el costo de adquisición.

Ante estos inconvenientes se plantea realizar un prototipo que interactúe con los recursos tecnológicos con los que cuenta la facultad en el que se utilice binarización de imágenes para los datos adquiridas por medio de una fuente de entrada para determinar el objeto de interés así como también procesos de cálculo de centroide para identificar el puntero por medio de la cámara web, así como también elaborar un algoritmo que permita el control del cursor de Windows por medio de la detección del puntero a distancia.

## **Capítulo I**

### **El Problema**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

Actualmente los docentes de la facultad de Ingeniería Industrial en la carrera de Ingeniería de Teleinformática imparten sus clases haciendo uso de los suministros didácticos y de equipos tecnológicos con los que cuenta, como son los proyectores y computadores que están instalados, pero el uso de estos tipos de elementos para la impartición de clases no asegura la optimización de tiempo para el desarrollo del mismo porque no son usados de manera conjunta, lo cual hace que no toda la información que se expone en las clases sea captada por los estudiantes y aprovechada de mejor forma, esto se debe al tiempo de explicación que el docente toma sobre los temas en los que se refiere a la materia que se imparte en ese momento, además de llenar el espacio de la pizarra con las ilustraciones, se toma un momento al transcribir lo que se encuentra en el pizarrón, y esto se convierte en un ciclo repetitivo donde además no toda la información es respaldada o entendida por los estudiantes.

La facultad de Ingeniería Industrial de la universidad de Guayaquil actualmente invierte en suministros de materiales didácticos como son marcadores borrables de diferentes colores y borradores de pizarra, para que cada docente pueda impartir sus clases, dar mejor explicación de la malla curricular que les corresponde a cada uno y llevar a cabo las actividades académicas, por esta razón son muy necesarios pero todos estos recursos producen altos gastos a largo plazo debido a que es un consumo recurrente mensual, además de que invierte en la compra y mantenimiento de equipos tecnológicos, pero que no son aprovechados de manera óptima por los docentes y estudiantes al momento de las actividades que se dan en clase y estos recursos como los proyectores que son elementos activos tienen altos costos de adquisición y se deterioran con el paso del tiempo al no ser utilizados, financieramente ocasiona que haya una cuenta de insumos elevada en este tipo de costos como en la compra de marcadores acrílicos que a largo plazo perjudica a la institución debido a que esto impide que se invierta en otras áreas de la educación y se solucionen los problemas que presenta la universidad en cuanto al mantenimiento de equipos e infraestructura, debido al presupuesto que se destina en la adquisición mensual de estos instrumentos.

La utilización de los elementos acrílicos requiere un número significativo de su uso debido a la cantidad de maestros que los usan y la frecuencia en que estos son solicitados para dar clases, y esto hace que se gasten rápidamente y haya alta demanda en su adquisición,

ya que de otro modo no sería posible seguir con las actividades académicas en los establecimientos educativos.

Aunque existan marcadores recargables esto no impide que mensualmente haya muchos desperdicios en cuanto a residuos de acrílicos que ocasionan problemas ambientales a niveles mayores y se ven reflejados en el futuro en la contaminación del suelo y del aire. También el uso constante de estos instrumentos conlleva a que se afecte con el paso del tiempo la salud de los docentes debido a los químicos que son utilizados en la fabricación de la tinta y que se liberan en forma de vapor al momento en que estos se usan en el pizarrón.

En cuanto a los proyectores que no se utilizan, esto ocasiona que se deban adquirir nuevos y que los que no se encuentren funcionales sean desperdiciados y cause costos a la institución.

Por otra parte la información proporcionada por este medio no siempre llega a estudiantes que están ausentes en la clase por diferentes motivos, y esto afecta el rendimiento de ellos con respecto al de los demás. Este proyecto propone integrar todos los elementos tecnológicos que actualmente existen en las aulas de la facultad para optimizar al máximo los recursos y tiempo.

### **1.1.1. Formulación del problema**

Actualmente el medio ambiente es cada vez más perjudicado con el crecimiento de las industrias y la fabricación de suministros teniendo al plástico como materia prima indispensable en su elaboración, el problema de estos materiales es el tiempo de biodegradación el cual afecta a la capa de ozono por las moléculas de cloro provenientes de fluorocarbono que son capaces de destruir cerca de 10 000 moléculas de ozono, estas sustancias al ser liberadas alcanzan la estratósfera porque la lluvia y el vapor no los pueden solubilizar, el ozono se empieza a destruir con los rayos del sol, así se forma un agujero en la capa de ozono y se filtran los rayos UV. (AGUIRRE, 2007)

La necesidad de suministros acrílicos para las actividades académicas que son utilizados por docentes, estudiantes y personal administrativo, hace que estos elementos tengan mucha demanda en su adquisición, para que el personal pueda cumplir con cada una de sus funciones, el gran inconveniente es la rapidez con la que se agotan y todo el tiempo son solicitados.

Estos materiales luego de ser utilizados, no llevan un proceso en el cual se clasifiquen los elementos que componen este suministro, y se separen todos los tipos de residuos que hay dentro, para poder evitar la contaminación por residuos plásticos y tóxicos del fieltro que



tienen los marcadores.

Al no haber un sistema de reciclamiento de este suministro, es el medio ambiente que sufre un gran impacto debido a que con el paso del tiempo se van acumulando grandes cantidades de desperdicios sólidos que afectan la tierra y restos tóxicos que afectan el aire e influyen en el deterioro de la capa de ozono.

También debido a la importancia de estos materiales se genera un gasto recurrente en el que la Universidad de Guayaquil incurre frecuentemente para que los docentes puedan realizar las labores escolares.

### **1.1.2. Sistematización del problema**

En la actualidad en la carrera de Ingeniera en Teleinformática no todas las aulas poseen proyectores en buenas condiciones, debido a eso aún se utilizan suministros que no son amigables con el medio ambiente y no se aprovechan de mejor manera los recursos que hay.

Ante estos surgen estas interrogantes:

- ¿Se renovaría el desarrollo pedagógico de las clases con el uso de una pizarra interactiva para los docentes?
- ¿Cuáles son los dispositivos más óptimos para el diseño del prototipo de una pizarra interactiva que reducirían los costos del presupuesto con los que cuenta la facultad?
- ¿Cómo mejoraría la implementación de una pizarra interactiva en las necesidades de la Facultad de Ingeniería Industrial?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivos generales**

Diseñar un prototipo de una pizarra interactiva con los recursos disponibles.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Analizar los dispositivos más óptimos para el diseño de la pizarra interactiva
- Diseñar un prototipo de pizarra interactiva basado en las necesidades de la Universidad de Guayaquil.
- Elaborar el prototipo de un software que permita interactuar con los elementos tecnológicos a distancia.
- Aplicar procesamiento de imágenes y detección de objetos en el diseño del software

### **1.3. Justificación e importancia**

Los motivos que impulsan la investigación sobre el diseño de una pizarra interactiva por medio de una tarjeta de adquisición de datos se debe a los inconvenientes que se muestran en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil al no poder aprovechar todos los elementos tecnológicos que actualmente existen en las aulas de manera interactiva para optimizar el tiempo de manera eficiente, además de que frecuentemente se gasta en la compra recurrente de suministros como elementos acrílicos para la impartición de clases que causan contaminación ambiental a gran escala.

La investigación sobre este proyecto servirá para determinar el método más conveniente para que se integren todos los recursos tecnológicos con los que cada aula de la facultad cuenta y que se aprovechen para la educación, por medio de algoritmos de programación que permitan la adquisición de imágenes así como también para el procesamiento de esos datos adquiridos por medio de dispositivos muy accesibles y fáciles de obtener como complemento para el prototipo del proyecto.

El proyecto aportará de manera positiva al aprendizaje con una innovación en el campo de la educación al hacer que las actividades académicas sean más interactivas, y se aproveche el tiempo y los recursos de manera eficaz. Así se podrá prevenir gastos innecesarios en la adquisición de costosos equipos que sirven como pizarras digitales interactivas y se podrá utilizar todas las herramientas que una pizarra digital convencional ofrece, como digitalizar las clases que se impartan ya sea en un archivo de imagen o documento de solo lectura, se puede enviar el archivo por medio de cualquier plataforma institucional o correo electrónico a todos los estudiantes.

Los docentes y los estudiantes de la facultad se benefician en el uso de esta propuesta al agilizarse los procesos de enseñanza, llevar un registro de las clases que se imparten y el acceso que cada uno tiene a los temas que se hayan explicado, la universidad se beneficia al poder innovar la educación y no necesitar la adquisición de equipos muy caros.

Con esta propuesta se desea evitar que la Carrera de Ingeniería de Teleinformática incurra en gastos recurrentes en compra de suministros didácticos que se da cada mes para que los docentes impartan sus clases y además contribuir con un impacto positivo al medio ambiente al no necesitar del uso de materiales que no son amigables con el ecosistema.

El diseño del prototipo de un software de una pizarra interactiva lleva como finalidad dar una solución más económica y asequible al integrar los elementos que hay por medio de una tarjeta de adquisición de datos y evitar la adquisición de costosos dispositivos que ocupan espacio físico y necesitan de cuidado especial en su mantenimiento.

#### 1.4. Delimitación del problema

Debido a la contaminación ambiental y al demandante gasto en este tipo de insumos que en un futuro terminarán por afectar el ecosistema, se pretende desarrollar un prototipo que ayude a integrar los elementos tecnológicos que se encuentran instalados en la facultad con la finalidad de prescindir del uso de marcadores.

Para eso se investigara sobre que dispositivos son los más recomendables y que plataformas se necesitan para elaborar el diseño de la pizarra digital, por medio de una encuesta realizada a los docentes de la carrera de Ingeniería en Teleinformática se pretende recopilar información acerca del estado de los proyectores y las expectativas sobre el proyecto que se va a desarrollar.

#### 1.5. Hipótesis

El desarrollo de este proyecto ayudará a la interacción del computador donde se integren el proyector y el computador usando un dispositivo de adquisición de imágenes y un LED IR

#### 1.6. Operacionalización

*Tabla 1. Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicador</b>
Variable independiente	la programación orientada a objetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación</li> <li>• Ecología</li> <li>• Inventarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento de imágenes</li> <li>• Disminución de costos</li> <li>• beneficios de la tecnología en el impacto ambiental</li> <li>• manejo de recursos de la facultad</li> </ul>

Variable dependiente	La evolución de la educación a través de la tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto</li> <li>• Hardware</li> <li>• el sistema Pedagógico de los docentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y mejoramiento del presupuesto de la facultad de ingeniería industrial</li> <li>• dispositivo electrónico beneficiando a la educación</li> <li>• Convertir la manera más efectiva y eficaz del tiempo de los docentes</li> <li>• Convertir la manera más efectiva y eficaz de los recursos de los docentes</li> </ul>
----------------------	--	--	---

---

*Información tomada de la Investigación de Campo. Elaborado por el autor*

### 1.7. Alcance

Se analizarán los dispositivos más óptimos para el diseño del prototipo así como sus características y especificaciones.

Se desarrollará un prototipo del proyecto que permita interactuar con la computadora por medio de una cámara web que estará conectada y que permitirá controlar las acciones del puntero con el uso de un LED infrarrojo.

Se utilizará la metodología bibliográfica para la recolección de información acerca de los dispositivos que son más convenientes y accesibles para la creación de este prototipo, así

como también el tipo de herramienta que servirá como dispositivo apuntador y que se encargará de controlar el puntero, se harán investigaciones en cuanto al tipo de software adecuado para llevar a cabo cada uno de los procesos necesarios para las pruebas de compilación en la plataforma que se va a utilizar.

Otra metodología a utilizar es la experimental, ya que por medio de ella es posible llevar a cabo las simulaciones del prototipo usando los recursos necesarios que hay disponibles y hacer mejoras en cuanto al funcionamiento del mismo junto con el software indicado.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Antecedentes**

Desde que las pizarras con tiza fueron inventadas por el profesor escocés James Pillans estas se implementaron en España en los centros religiosos al utilizar paredes pintadas de negro hasta extenderse su popularidad, años más adelante se descubrió que su uso aumenta las posibilidades de padecer infecciones en las vías respiratorias al personal que las utilizaban, además según los estudios realizados se explica que las afecciones pueden ser varias como la afonía, las sibilancias y la bronquitis crónica; el riesgo de sufrir problemas de salud se incrementa debido a los componentes de este material. La tiza está compuesta mayoritariamente de sulfato cálcico dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y aluminio filosilicato caolinita o caolín ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ). La continua exposición al caolín provoca irritaciones en tracto respiratorio, también la acción de respirar estas partículas produce una perturbación conocida como caolinitis. Con el objetivo de prescindir de estos materiales se introdujo en el mercado educativo el uso de pizarras y marcadores acrílicos, que con el paso del tiempo fue más amigable y de fácil manejo para escuelas, colegios, universidades, e instituciones particulares con el objetivo de llevar a cabo los procesos de enseñanza. (España, 2014)

Con el paso del tiempo este insumo ha sido indispensable en industrias y en institutos educativos, los cuales crean residuos los cuales llegan a ser muy dañinos, debido a que también contienen elementos tóxicos que contienen y afectan el medio ambiente y el bienestar en la salud de las personas que los utilizan se ve reflejado a largo plazo. Se determinó que los marcadores acrílicos están compuestos por plástico en su mayoría y en su interior con fieltro y tinta.

En la actualidad no hay zonas destinadas en las cuales se depositen los restos que quedan de estos insumos, lo que afecta en su reciclamiento y causa que haya gran volumen de residuos sólidos y tóxicos por el uso de marcadores acrílicos, así mismo se generan costos en la pelletización para residuos como el plástico e incineración para los elementos tóxicos del fieltro.

Los marcadores acrílicos se clasifican en aquellos que son recargables y tienen un promedio de vida de 6 meses y su revestimiento es de aluminio, por otra parte los acrílicos no recargables que son los más comunes y utilizados en su mayoría tienen una vida más corta, su revestimiento externo es de plástico por un conjunto de polímeros con resinas, en su interior contienen un rotulador de fieltro hecho con tinta y lana, los cuales al dejar de ser utilizados y depositados en lugares no muy apropiados que no cuenten con su debido

tratamiento se consideran residuos tóxicos. (Álvarez & Acosta, 2016, pág. 4)

Debido a la cantidad en que estos insumos son utilizados mensualmente la magnitud del problema se debe al gran volumen de residuos por los elementos tóxicos y el plástico de los que están compuestos, ya que además el plástico es uno de los elementos que tarda aproximadamente 150 años en degradarse y ocasiona un gran impacto ambiental a gran escala por su inadecuado proceso de tratamiento de marcadores acrílicos. (Álvarez & Acosta, 2016)

En Ecuador actualmente no hay un sistema de reciclamiento y tratamiento de los marcadores acrílicos, lo cual causa que haya mayor impacto ambiental por parte de los residuos tóxicos y sólidos que se producen.

En Latinoamérica hay establecimientos educativos y universidades que utilizan estos dispositivos para las actividades escolares, ya que ofrecen muchas ventajas en el campo educativo tanto para los docentes y los estudiantes al poder interactuar con la pizarra interactiva y usar más herramientas de software en la enseñanza, además favorece al medio ambiente al no utilizar recursos contaminantes como los químicos necesarios para la fabricación de marcadores acrílicos y el plástico que a largo plazo provocan la contaminación ambiental a gran escala; sin embargo este tipo de recursos posee un costo muy elevado en los que no todas las instituciones educativas pueden incurrir.

En el Ecuador según (telecomunicaciones, 2014) Mintel hasta el año 2014 se atendieron 7117 escuelas fiscales con servicio a internet y se implementaron 1240 laboratorios de computación, dentro de las herramientas para la mejora de la educación se incluyen: ordenadores, impresoras, pizarras interactivas, dispositivos de proyección, sistemas de audio y también accesibilidad a Internet.

Ante esta limitante se han desarrollado otras alternativas para el desarrollo de pizarras digitales interactivas, como es el caso del ingeniero de nacionalidad China Johnny Chung Lee que en el año del 2008 innovó un proyecto usando el control remoto “wiimote” de la consola de juegos “Nintendo wii”, elaboró un software que le permitió usar ese dispositivo junto con el ordenador y un puntero emisor LED, con el cual calibró las dimensiones de la pantalla de la computadora en la imagen proyectada en la superficie por el proyector, su innovación constó de enviar las señales infrarrojas al “wiimote” el cual se encontraba apuntando a la superficie de la pizarra para recibir esas señales y este dispositivo la sincronizaría con la posición y el movimiento del puntero en el computador por medio de la tecnología bluetooth, lo que permitiría su manipulación y usarla de manera interactiva. (Lee, 2007).

También la Universidad de Brac en Bangladesh desarrolló un proyecto para la interacción de una pizarra inteligente en el que se usa la consola de juegos Kinect de Xbox 360, la cual usa cámaras de video para capturar las imágenes en el entorno y sensores de profundidad que permiten la detección de objetos y crear imágenes esqueléticas para rastrear las coordenadas de la mano de los usuarios a una distancia que se encuentran con respecto a la posición del dispositivo. El objetivo principal de la investigación que realizó esta universidad fue el de interpretar los gestos humanos específicos a través de algoritmos matemáticos y utilizarlos para el control del dispositivo, esto permite la manipulación de la consola por medio de gestos; además con este dispositivo se elaboró un programa en Visual Studio con ayuda de las librerías de programación para la inclusión del dispositivo Kinect, en este modelo el dispositivo apuntaba a la superficie proyectada de la imagen por la computadora en donde se detecta la mano del usuario por medio del sensor de profundidad de Microsoft Kinect, en segundo lugar se determinan los gestos de la mano basados en los movimientos y la posición, como penúltimo paso se analizan los datos obtenidos y como paso final se ejecuta la acción programada. Este dispositivo estaba conectado al ordenador de manera inalámbrica usando bluetooth. (Karim, Touhidul, & Shahidul, 2017)

Otras maneras para implementar un proyecto así, es por medio del procesamiento de imágenes y detección de objetos con plataformas de desarrollo como Matlab y Visual Studio en el cual se usa como hardware o herramienta de adquisición de datos una cámara web.

## **2.2. Marco Conceptual**

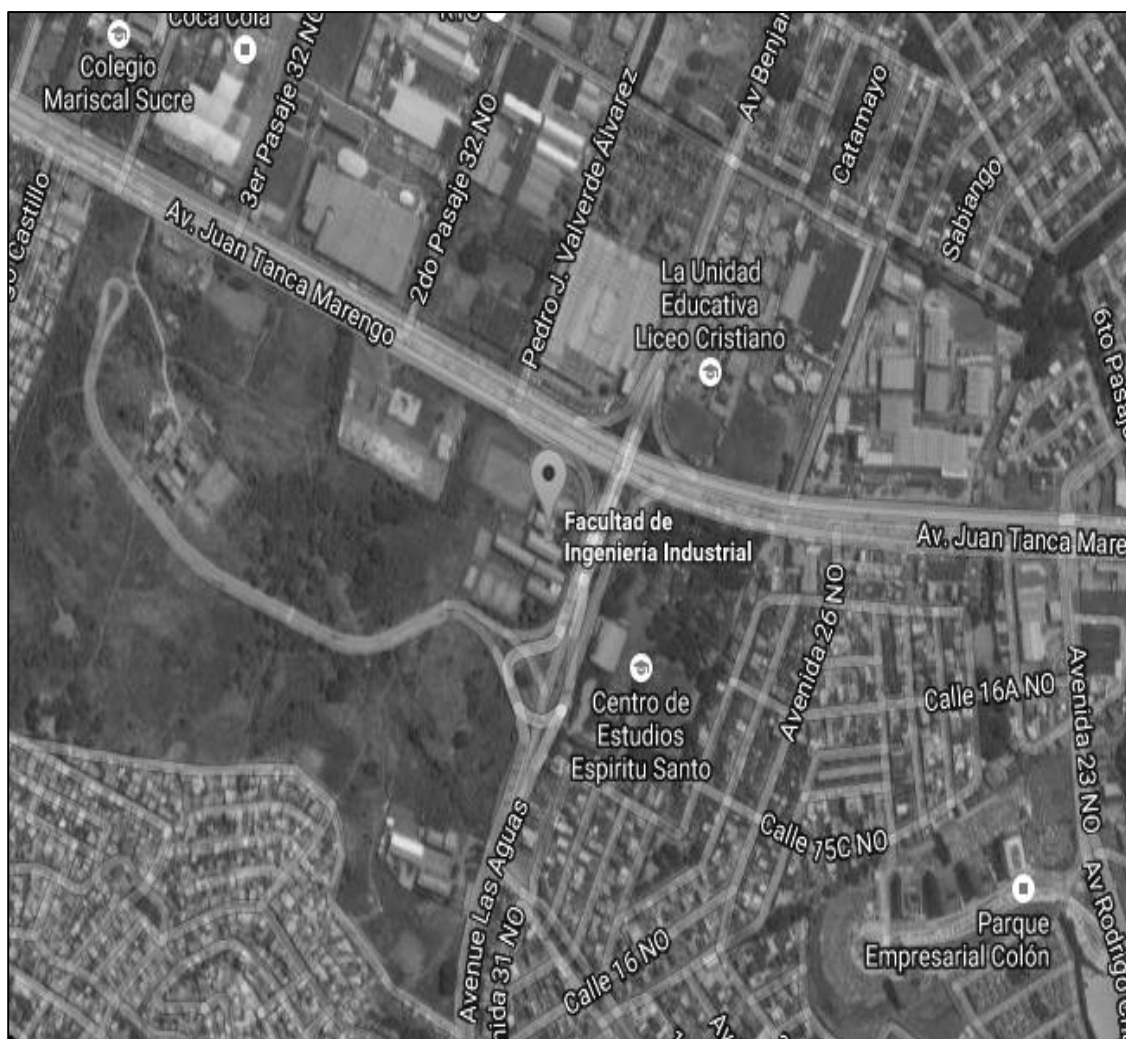
### **2.2.1. Facultad de Ingeniería Industrial.**

Para esta investigación se designó la facultad de ingeniería de industrial de la universidad de Guayaquil, en la cual se desarrollan actividades académicas por parte de docentes y estudiantes, y además la mayoría de las aulas de este establecimiento cuenta con los recursos tecnológicos como los proyectores para desarrollar la propuesta planteada, y llevar a cabo el diseño de una pizarra interactiva usando estos mismos elementos y una tarjeta de adquisición de datos

### **2.2.2. Ubicación**

La facultad de Ingeniería Industrial se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, Guayas, Ecuador, en Avenida las Aguas lateral a la Avenida Juan Tanca Marengo que se ubica al norte de la ciudad, al frente del Tecnológico Espíritu Santo como se indica en el mapa de la figura 1.





**Figura 1** Facultad de Ingeniería Industrial lugar donde se llevó a cabo el proceso de estudio. Información tomada de Google maps. Elaborado por el autor.

### 2.2.3. Pizarras Convencionales

El invento de la pizarra convencional se le atribuye mundialmente la escocés James Pillans, de Edimburgo 1778 – 1864, quien fue un profesor de Geografía, el tomo una de las tablillas en las que trabajaba uno de sus estudiantes y la colgó en la pared para que todos tuvieran mejor visión de la clase.

En España los centros religiosos usaron las pizarras pintando las paredes negro y posteriormente a color verde, y así se hizo popular su uso. (Escobar, 2016)

### 2.2.4. Pizarras Blancas

En el año de 1950 se inventó la pizarra acrílica, por un fotógrafo coreano llamado Martin Heit, se dio cuenta mientras revelaba unas fotografías en su estudio que podía hacer anotaciones sobre las películas fotográficas con un marcador y que se podían borrar al

pasarles un paño húmedo, aunque su idea era principalmente para anotaciones telefónicas en el hogar. (Sturm, 2012).

Debido a un accidente que ocurrió una noche antes de dar a conocer su invento, el fotógrafo Heit decidió vender su idea a la empresa Dri-Mark, la cual promociono la pizarra en el mundo de la educación.

En 1960 salieron a la venta las primeras pizarras, debido a su precio muy elevado no fueron muy populares.

En el año de 1990 comenzaron a ser adoptadas de manera masiva debido a la preocupación de la salud por respirar polvo de tiza durante décadas, y por ello se dieron cuenta de los problemas respiratorios que aquellos les causó.

Con el paso del tiempo se fueron haciendo mejoras en los componentes de sus materiales, a diferencia de los primeros modelos que retenían los residuos del marcador y como consecuencia se ensuciaban de manera permanente, luego hicieron mejoras utilizando otro tipo de pizarras magnéticas de barniz que eran más económicas y con menor brillo.

En la actualidad se utilizan las pizarras de porcelana y acero en escuelas, colegios, universidades y todo centro educativo.

#### **2.2.5. Marcadores Acrílicos.**

Fue desarrollado como un complemento indispensable para usar la pizarra blanca, fue patentado en los años 60s por Pilot Corporation, en el año de 1962 fue creado por el japonés Yukio Horie, la cual usa una tinta especial que se borra y no se adhiere a la superficie, si se utiliza otro tipo de tinta quedan marcas permanentes que no son fáciles de quitar. (Escobar, 2016)

#### **2.2.6. Marcadores recargables**

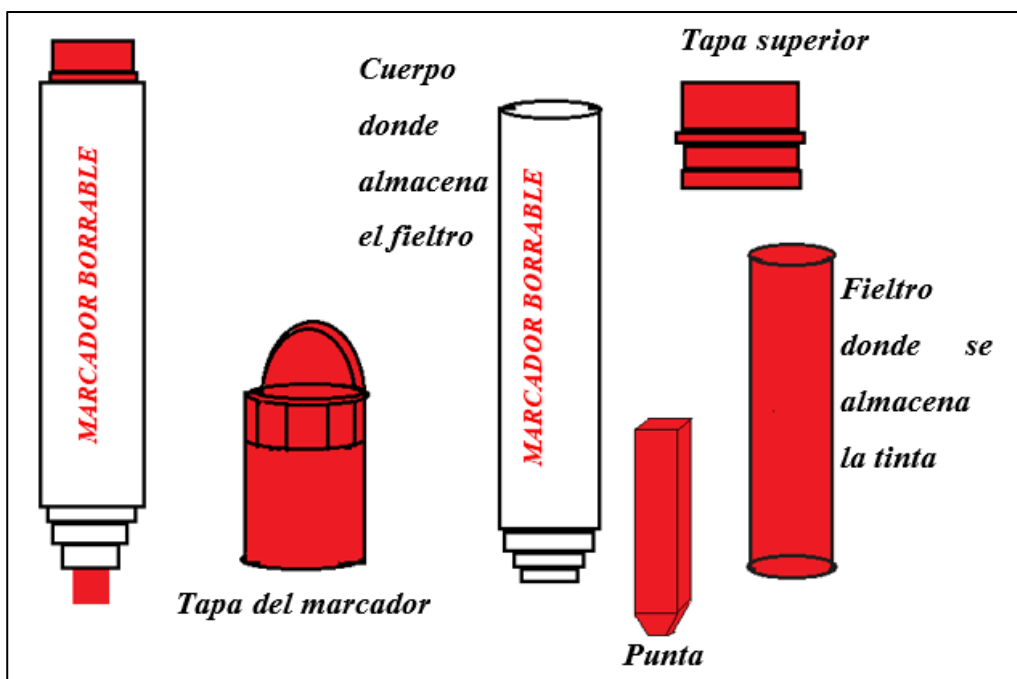
Los marcadores recargables tienen un periodo de vida útil más extensa que los marcadores descartables, duran unos seis meses aproximadamente; otra diferencia de estos marcadores es que la cubierta está fabricada de aluminio y al terminarse la tinta que poseen en su interior se la rellena periódicamente.

##### **2.2.6.1. Componentes del marcador.**

La punta del rotulador está fabricada de un material poroso como el fieltro que es donde se almacena la tinta, y tiene un envase que puede ser de plástico o aluminio, los componentes de la tinta utilizados son alcohol y éter monobulítico de glicol de etileno (Cates, 2018)

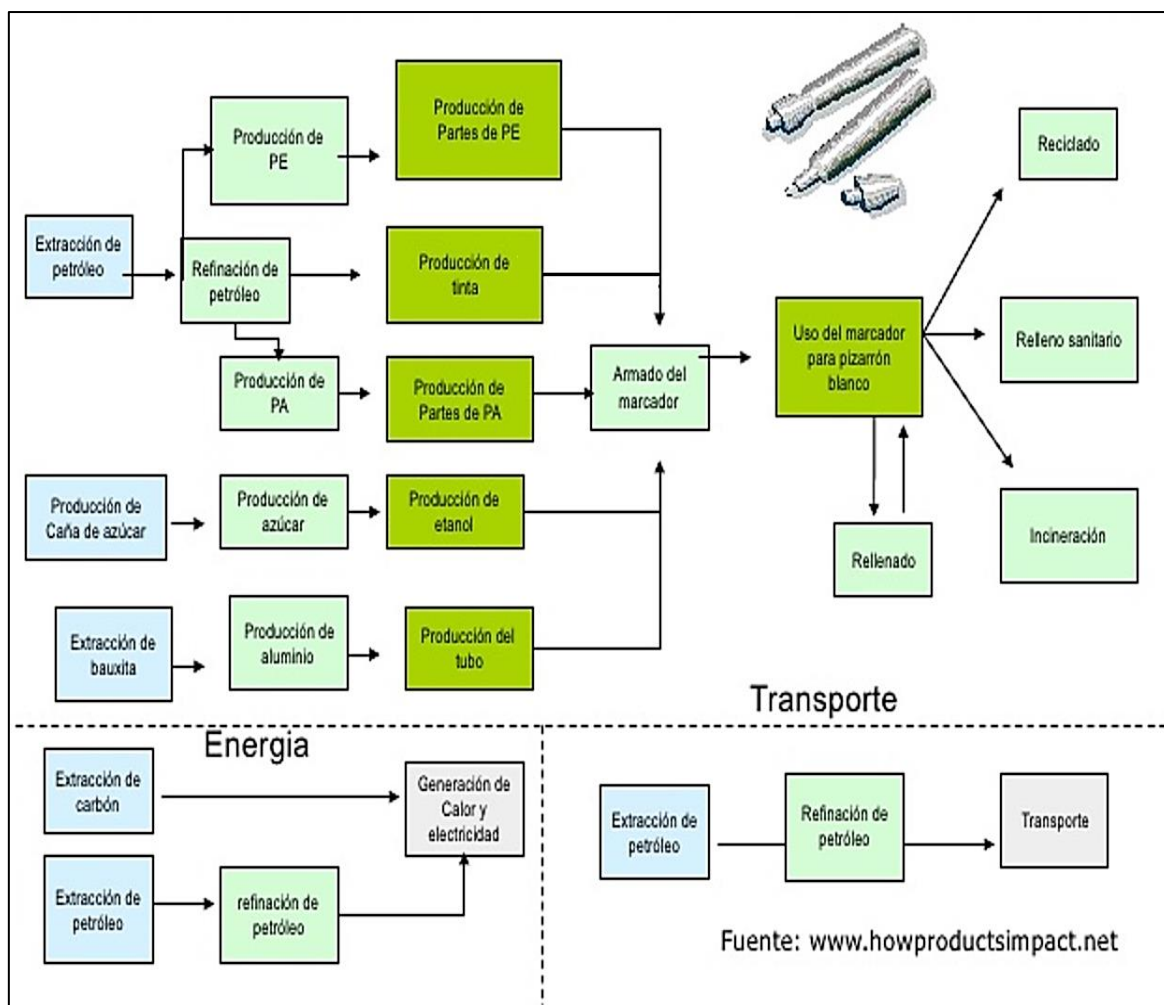
La tinta de los marcadores acrílicos está compuesta de solventes a base de alcohol o también sin alcohol, en este caso se necesita de solventes como el metaxileno o el tolueno, en el cual se necesita del benceno para que sean formados en ambos casos, el benceno es un elemento que se encuentra entre los compuestos del petróleo el cual se encuentra determinado como causante de cáncer por el “Departamento de Salud y Servicios Humanos” de Estados Unidos. La inhalación del tolueno por parte de las personas provoca distintas reacciones químicas, en especial de personas que sean susceptibles, además de sentir alergias, malestar como cansancio y somnolencia; además de que estos químicos son completamente tóxicos para los animales (Arreola, y otros, 2015)

Son estos componentes los que resultan tóxicos al terminar la vida útil de un marcador, ya que se vuelven peligrosos al generarse gran volumen de estos desechos y causan un impacto ambiental negativo en el ecosistema. Tanto por la gran cantidad de residuos de plástico, como por la cantidad de químicos que están dentro del fieltro de los marcadores que terminaron de ser utilizados y que contaminan el suelo e incluso el agua en el ambiente.



**Figura 2** Componentes de marcadores acrílicos. Información tomada del desmontaje de un marcador acrílico. Elaborado por el autor.

En la figura 2 se muestran las partes de las que está compuesto un marcador acrílico, y en la figura 3 se indica un diagrama del período de vida del marcador acrílico, así mismo indicando los procesos desde la extracción del petróleo para la fabricación del polietileno (PE) y poliácrlato (PA) que son distintos tipos de plástico para la elaboración de los cuerpos de los plumones acrílicos.



**Figura 3.** Ciclo de vida de los marcadores acrílicos. Información tomada de <http://3.bp.blogspot.com/-pD6jff4ljiM/VYIzi2s495I/AAAAAAAAAik/RxejQR-0XY/s1600/ciclo%2Bde%2Bvida%2Bplumon.jpg>  
Elaborado por ugmindustrials

### 2.2.7. Polución por Plásticos

Según (Pérez & Gardey, 2013) la polución ambiental es una consecuencia por el ingreso de agentes contaminantes, lo que a su vez causa que el ambiente sea modificado de manera dañina, las actividades contaminantes son principalmente provocadas por el ser humano, en las cuales quedan secuelas de las acciones que se realizan por las personas civiles o por sus industrias y dejan marcas en el planeta.

Debido a que el plástico es el material predominante en la fabricación del envase de los marcadores acrílicos, y no hay un proceso específico en el tratamiento de estos suministros, con el paso del tiempo estos tipos de residuos se acumulan en el medio ambiente, y afecta de manera negativa el suelo, incluso el mar, esta contaminación está relacionada con la cantidad de marcadores y su tiempo de duración, esto provoca que se desperdicien grandes cantidades de plástico.

Millones de desechos plásticos son arrastrados por las mareas en todo el planeta, desde Indonesia a las playas de África Occidental, se encuentran contaminados los ríos con residuos plásticos. 8 millones de toneladas de desperdicios van al mar, se calcula que por cada segundo que pasa más de 200 kilos de residuos de este tipo van a los océanos. (Del Real, 2018).

En la figura 4 se muestran los residuos de plástico hallados en una playa del Ecuador



**Figura 4.** Contaminación por plástico en una playa de Ecuador. Foto obtenida de ecuavisa. Elaborada por ecuavisa

#### **2.2.8. Ministerio del Ambiente**

En el año 2002 se hicieron estudios sobre los residuos sólidos en el país que fueron auspiciados por OPS y OMS para apoyar el desarrollo de la gestión de estos residuos aunque no hubo líneas para medir la eficiencia del sistema. Según el ministerio del medio ambiente el COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización) en el art 55 dice que los gobiernos autónomos municipales son responsables de gestionar directamente los desechos sólidos, además desde el año 2002 al 2010 de 221 municipios 160 tenían botaderos al aire libre, como consecuencia se perjudicó con la contaminación al medio ambiente, además de afectar la salud de la población. Desde el 2002 al 2010 de 221 municipios 160 de ellos tenían sus desperdicios al aire libre con lo cual contaminaron el suelo, el agua y el aire, con todo esto afectaron la salud de las personas de la población, el número restante de los municipios manejaban los desechos pero de

manera ineficiente y escasos criterios técnicos. Debido a estos problemas el ministerio del ambiente comenzó con el control, así el gobierno nacional en abril del año 2010 creó un programa para la gestión integral de desechos sólidos, con el objetivo de reducir la contaminación ambiental. Para el año 2017 se tenía como objetivo eliminar los botaderos de los municipios que estén al aire libre (Ambiente, s.f.).

Según el censo de población y vivienda que se realizó en el año 2010 la población era de 14.483.499 millones de ecuatorianos, según los datos que se tomaron el 77% de las familias se deshace de los desechos por medio de los carros recolectores de basura, el otro 23% que queda la elimina de otras maneras como al botarlos en terrenos baldíos, al quemarlos, al colocarlos en ríos o canales, etc. Se determinó que la recolección de basura en los lugares rurales en promedio es de 82.2% y en las zonas urbanas es de 54.1%, la porción que no es recolectada crea contaminación al no ser controlada. De los gobiernos autónomos descentralizados el 24% realizan los procesos de separación de materia prima, otro 26% se dedica a recuperar materia orgánica y el 32% a recolectar desechos hospitalarios. Generalmente el 28% de los desechos son controlados al principio pero posteriormente por falta de estabilidad administrativa terminan en botaderos al aire libre, los desechos restantes que equivalen al 72% son colocados en ríos, sequias, botaderos, que ocasionan propagación de roedores e insectos lo cual causa problemas ambientales. (Ambiente, s.f.)

En el caso de los marcadores acrílicos no hay control sobre el reciclaje y tratamiento de sus componentes los cuales son residuos contaminantes como el cuerpo del marcador que es de plástico, y el fieltro que se encarga de almacenar la tinta la cual es un residuo toxico y peligroso. Este insumo se convierte en un problema ambiental ya que son los materiales principales para las actividades académicas y que son utilizados por los docentes y los estudiantes en escuelas, colegios, universidades, institutos tecnológicos y oficinas; también hay que tomar en cuenta el número de docentes que hay en cada uno de estos establecimientos y la cantidad de marcadores que cada uno necesita para impartir sus clases, lo que causa que el problema sea el volumen que se acumula con el paso del tiempo por usarlos y el daño que se causa al medio ambiente.

### **2.2.9. Pizarras digitales interactivas**

Surgieron como una alternativa al uso de las pizarras convencionales, son pizarras electrónicas en las cuales se utilizan herramientas electrónicas en lugar de marcadores acrílicos, lo que permite usar herramientas virtuales para que a los docentes se le haga más amigable e interactivo impartir el material de la clase.

Para el funcionamiento de estos dispositivos se necesita conectar el dispositivo que es como una pantalla grande al computador por conexión USB, sobre la pantalla se proyecta la imagen de ordenador por medio del proyector, con el uso de los lápices electrónicos se controla la computadora como una pizarra interactiva.

#### **2.2.10. Smart Technologies**

El inicio de las pizarras interactivas se dio con la idea del cofundador de la empresa “Smart technologies” David Martin en el año de 1986.

La misma que fue fundada en 1987 formada por un distribuidor canadiense de proyectores de Estados Unidos.

Fue solo el primero de muchos productos innovadores y fáciles de usar que se han ganado el reconocimiento mundial de SMART y lo han convertido en el líder mundial indiscutible en la categoría de productos de pizarra interactiva.

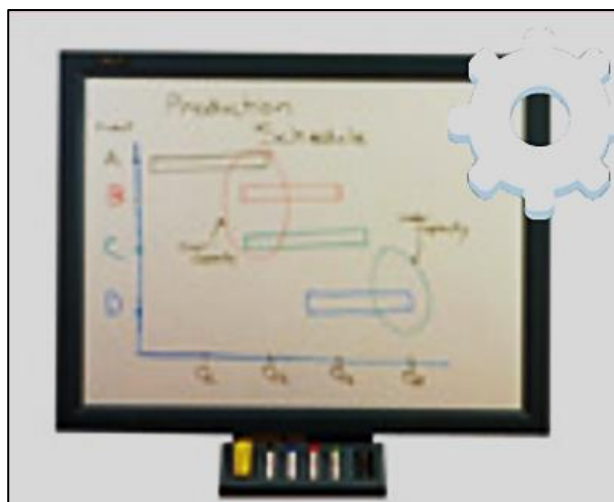
Su alianza estratégica con “Intel Corporation” en 1992 para obtener beneficios en el marketing y desarrollo productivo de sus dispositivos con el uso de procesadores de la marca y su fuerte compromiso con la investigación y el desarrollo han acelerado la creciente línea de soluciones tecnológicas de SMART con el objetivo de innovar la educación y hacerla más dinámica incluyendo el uso de herramientas tecnológicas.

Las pizarras digitales interactivas “SMART BOARD” se han desarrollado en estos últimos años por parte de la empresa y han fabricado distintos modelos a través del tiempo, lo que les ha permitido la innovación de sus productos y ganar espacio en el mercado educativo y tecnológico. (Salgado, 2014)

##### **2.2.10.1. Smart Board.**

SMART Technologies presentó la pizarra interactiva SMART BOARD, sensible al tacto en 1991 con un diseño simple y funcional como una pizarra electrónica, como se indica en la figura 5. Este dispositivo se conecta mediante un puerto USB al computador y con la asistencia de un software es posible el uso de esta herramienta, se digitalizan las clases y permite utilizar dinámicamente los pizarrones.





**Figura 5.** Primera SmartBoard. Imagen tomada de <https://prezi.com/9vtgzujlw4g/historia-de-las-pizarras-interactivas/>. Elaborado por Prezi

#### **2.2.10.2. Smart Board 500**

Fue lanzada al mercado en el año de 1998, su principal función fue el reconocimiento de función táctil en la que fue posible interactuar con la pizarra por medio de los dedos, por primera vez ya no fue necesario utilizar los lápices digitales para llevar a cabo las tareas académicas.

#### **2.2.10.3. Smart Board 600**

En el año 2004 se lanzó al mercado la pizarra interactiva 600, en esta versión el dispositivo podía ejecutar funciones de gesto de doble toque, como por ejemplo abrir carpetas del explorador de Windows, o archivos. A continuación se indica en la figura 6 el modelo.



**Figura 6.** Smart Board 600. Información tomada de <https://prezi.com/9vtgzujlw4g/historia-de-las-pizarras-interactivas/>. Elaborado por Prezi.



#### 2.2.10.4. Smart Board 800 y 400

En el año 2010 la empresa Smart Technologies dio a conocer las pizarras de serie 800 que tenían la capacidad de ser multitáctil y ser multiusuario, como se observa en la figura 7. Con estas funciones se podía interactuar en aplicaciones dinámicas o realizar anotaciones simultáneamente por dos usuarios o más. También presentaron la pizarra de nivel inicial Smart 400, como se indica en la figura 8.



**Figura 7.** Smart Board 800. Información tomada de <https://prezi.com/9vtgzujlw4g/historia-de-las-pizarras-interactivas/>. Elaborado por Prezi



**Figura 8.** Smart Board 400. Información tomada de <https://prezi.com/9vtgzujlw4g/historia-de-las-pizarras-interactivas/>. Elaborado por Prezi.

### 2.2.10.5. Microsoft Lync

En el año 2013 se creó Microsoft Lync por parte de la compañía Microsoft, para usar pizarras interactivas, esta herramienta combina la plataforma de comunicaciones con las pantallas de las pizarras con interfaces de usuario más amigables como se muestra en la figura 9.



**Figura 9.** Microsoft Lync. Información tomada de <https://prezi.com/9vtgzujlw4g/historia-de-las-pizarras-interactivas/>. Elaborado por Prezi.

### 2.2.10.6. Marcas de pizarras interactivas

Con el paso del tiempo en los institutos, colegios y universidades va aumentando el uso de estos dispositivos. A continuación se enumeran algunas marcas.

- Smart
- Promethean
- Ebeam
- Epson
- Legamaster
- Touch

### 2.2.10.7. Análisis de precios.

En esta sección se van a analizar los precios que están actualmente en el mercado como se indica en la tabla 2 y en la tabla 3 correspondientes a las páginas de mercado electrónico Amazon y Ebay, ya que se propone una solución económica para la facultad de Ingeniería Industrial y que no requiera incurrir en costosas inversiones.

**Tabla 2.** Evaluación de precios de Smart Board en el mercado actual

Marca/Modelo	Tamaño	Precio
Ebeam smartmaker		\$750.00
Smartboard		\$1550.00
Promethean activboard 178	78 pulgadas	\$1000.00
Projector with interactive whiteboard for classroom		\$1550.00
Smartboard SB680-R2-846142	77 pulgadas	\$1550.00
Astar AWB-6507	65 pulgadas	\$2899.00

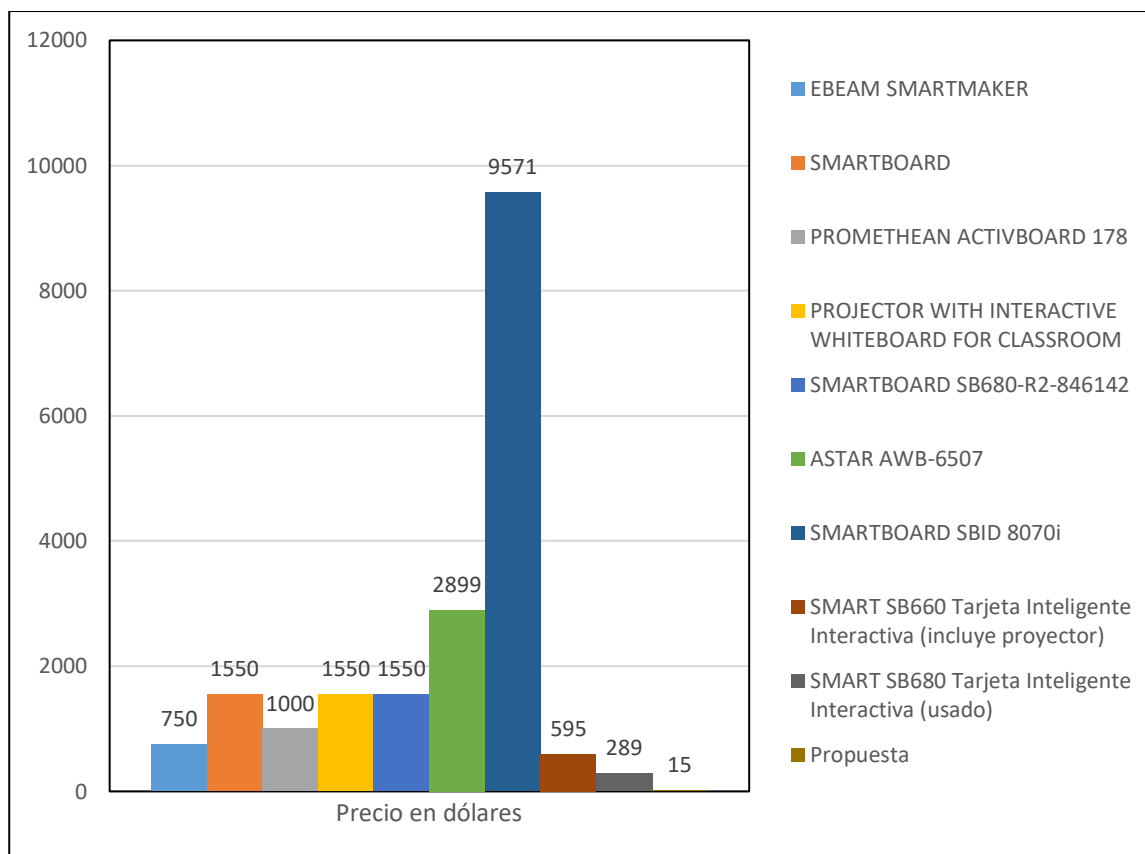
*Información obtenida de la página de Amazon. Elaborado por el autor*

**Tabla 3.** Evaluación de precios en otra página de comercio electrónico

Marca/Modelo	Tamaño	Precio
Smartboard SBID 8070I	70 pulgadas	\$9 571.39
Smart SB660 tarjeta inteligente interactiva (incluye proyector)	66 pulgadas	\$595.00
Smart SB680 tarjeta inteligente interactiva (usado)	77 pulgadas	\$289.00

*Información obtenida de la página de Ebay. Elaborado por el autor*

Para determinar si puede ser una solución económica se hizo la comparación con los precios de los dispositivos que actualmente están en el mercado electrónico correspondiente a las páginas de eBay y Amazon, donde además del costo del producto se añade el costo de envío, sin embargo en esta sección no se toman en cuenta estos costos y solo el precio de cada dispositivo como se puede en la figura 10.



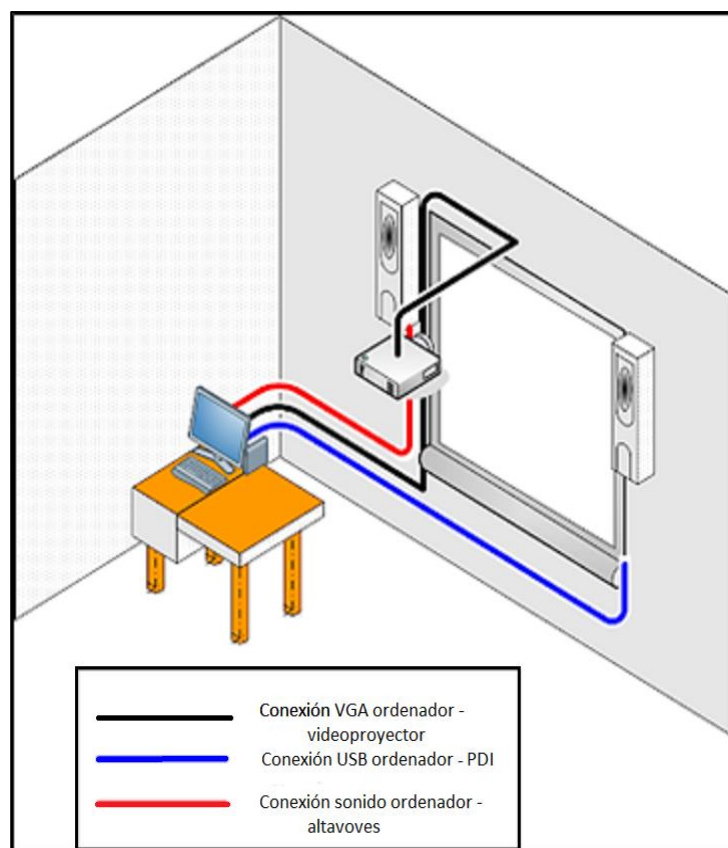
**Figura 10.** Comparación de los precios de los dispositivos con respecto a la propuesta. Información obtenida por investigación directa en mercados electrónicos. Elaborado por el autor

#### 2.2.10.8. Características.

Al ser una solución viable contra el uso de marcadores y tener un impacto positivo en el medio ambiente, cada una de estas pizarras tienen precios entre los \$750.00 y los \$3000.00

Además de que se necesita de un personal calificado para llevar a cabo la instalación del producto, y se le debe dar mantenimiento periódicamente el cual es muy costoso. Hay algunos modelos que incluyen un proyector integrado.

Este tipo de pizarras por su tamaño y mecanismo interno como los circuitos, y la pantalla resistiva para la detección de los lápices causa que sean de muy cuidadoso traslado, ya que además son muy pesadas.



**Figura 11.** Esquema de conexiones de la pizarra digital smart. Información tomada de: [https://sites.google.com/site/pdiaverroes/\\_/rsrc/1296424471898/componentes-y-conexiones/conexiones.png?height=400&width=369](https://sites.google.com/site/pdiaverroes/_/rsrc/1296424471898/componentes-y-conexiones/conexiones.png?height=400&width=369) . Elaborado por google sites.

En la figura 11 se puede observar el diagrama de conexiones de la pizarra Smart, para realizarla se necesitan de los tres tipos de cable diferentes que son de tipo USB para la transmisión de datos desde la computadora a la pizarra Smart.

El cable VGA para transmitir la imagen del computador al proyector que se encuentra sobre la pizarra Smart.

Y como conexión opcional se usa un cable Jack de 3.5mm que va conectado a los parlantes para el uso de archivos multimedia.

### 2.2.11. Projectores

Este implemento es esencial para llevar a cabo el uso de una pizarra interactiva, los proyectores son aparatos ópticos que se conectan a un dispositivo de video el cual se encarga de proyectar la imagen que está recibiendo, todos estos artefactos utilizan luz muy brillante para las proyecciones.

Mayormente se los usa en salas de conferencias, universidades o cualquier instituto académico, y se vuelven indispensables para ciertas actividades académicas

## 2.2.12. Otras Opciones en el mercado

### 2.2.12.1. Ilboard

Es una empresa que existe en el Ecuador que se encarga de impulsar el desarrollo tecnológico, desarrolló una opción fiable de pizarra en la cual se conecta un dispositivo a un computador, y este permite que por medio del proyector cual superficie plana se pueda utilizar como una pizarra interactiva, la ventaja de este dispositivo es que incluso se puede crear pizarras móviles.

El sistema puede ser usado con cualquier sistema operativo, computador y cualquier tipo de proyector. Además de esto posee aplicaciones adicionales que le permiten al docente digitalizar las clases en guardarlo en cualquier formato de archivo, donde posteriormente se envía a los estudiantes por medio de correo electrónico a cualquier plataforma.

Se reemplaza los marcadores acrílicos por un lapiza láser donde para fines prácticos en la plataforma existen herramientas que simulan una pizarra, donde los profesores y los estudiantes pueden elegir entre elementos como marcadores digitales, elegir el color del puntero, borrador; hacer anotaciones sobre cualquier dispositiva así mismo como aumentar el tamaño virtual de la pizarra.

Con el sistema se estimula la interacción entre los docentes y los estudiantes de la manera más dinámica como se indica en la figura 12.



**Figura 12.** Presentación de una pizarra Ilboard. Imagen tomada de [http://www.ilboard.tech/wp-content/uploads/2018/07/IMG\\_2949.jpg](http://www.ilboard.tech/wp-content/uploads/2018/07/IMG_2949.jpg). Elaborado por Ilboard

### 2.2.12.2. Sensor WiiMote.

Como se muestra en la figura 13 es un control de “Nintendo Wii” el cual posee tres sensores infrarrojos, acelerómetro, y conexión bluetooth además de baterías.

Para usar este elemento el ingeniero chino Johnny Chung Lee desarrolló un programa que le permitió por medio de un control de juegos enlazar una comunicación vía bluetooth, y posicionar el control a 45 grados a una distancia prudente para que se pueda utilizar el dispositivo, el cual funciona mediante un proceso de calibración y con el uso de un LED infrarrojo es posible usar la superficie de la pizarra como un pizarrón interactivo.

El ingeniero también ensambló un puntero con un LED infrarrojo, con el cual la señal es capturada por los receptores infrarrojos que se encuentran en el control, y con la ayuda del acelerómetro permite que el puntero del mouse se mueva en las coordenadas señaladas.

Sin embargo para llevar a cabo es necesario adquirir el producto del control remoto de Nintendo Wii, ya que sin este elemento no es posible llevar a cabo esta innovación.

A diferencia de la opción anterior no cuenta con soporte adicional para los docentes y simular una pizarra digital, aunque es un opción económica no todos los computadores cuentan con tarjetas bluetooth integradas, por lo que sería necesario adquirir además un dispositivo bluetooth externo que sea compatible con el sistema

Otro problema se debe a los problemas de compatibilidad, esto se debe a que el programa fue desarrollado en el año 2008 y el software funciona con aquellas versiones de Windows que en aquel entonces era Windows XP, Windows Vista, Windows 7. Para versiones actuales de Windows no hay soporte por lo que la aplicación presenta conflictos en su ejecución.

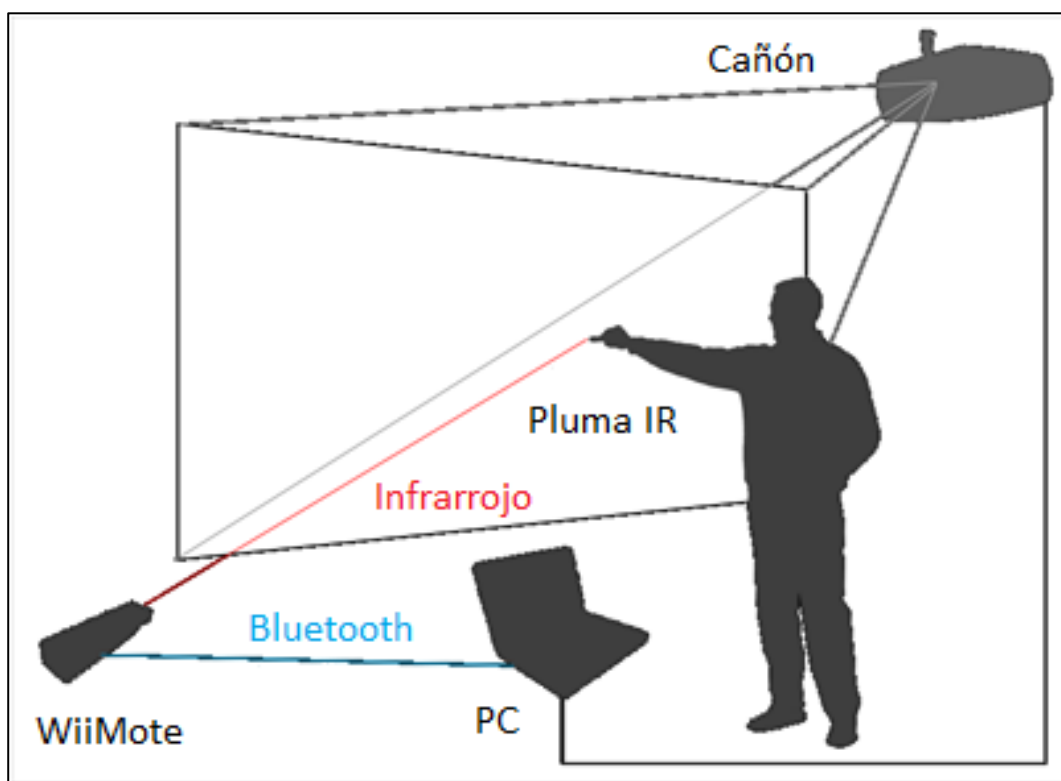


**Figura 13.** Vista de un control de Nintendo Wii. Imagen obtenida de <https://vignette.wikia.nocookie.net/nintendo/images/3/36/Wiimote-762302.jpg/revision/latest?cb=20150525211623&path-prefix=es>. Elaborado por Nintendo Wiki.

### 2.2.12.3. Esquema de conexión de Wii mote

Como se observa en la figura 14 el Wii mote se comunica con el computador vía bluetooth, al mismo tiempo la computadora se comunica por medio de un cable VGA con el proyector.

Para efectos de interacción la pluma infrarroja se comunica con el Wii mote y este con el computador, lo que ayuda en la simulación de una pizarra digital



**Figura 14.** Esquema de comunicación con el dispositivo Wiimote. Imagen tomada de [http://mextesol.net/journal/public/images/thumb\\_0dc0692192cf9d80874562fdf17dcd93.png](http://mextesol.net/journal/public/images/thumb_0dc0692192cf9d80874562fdf17dcd93.png). Elaborado por Mextesol.

### 2.2.12.4. Kinect

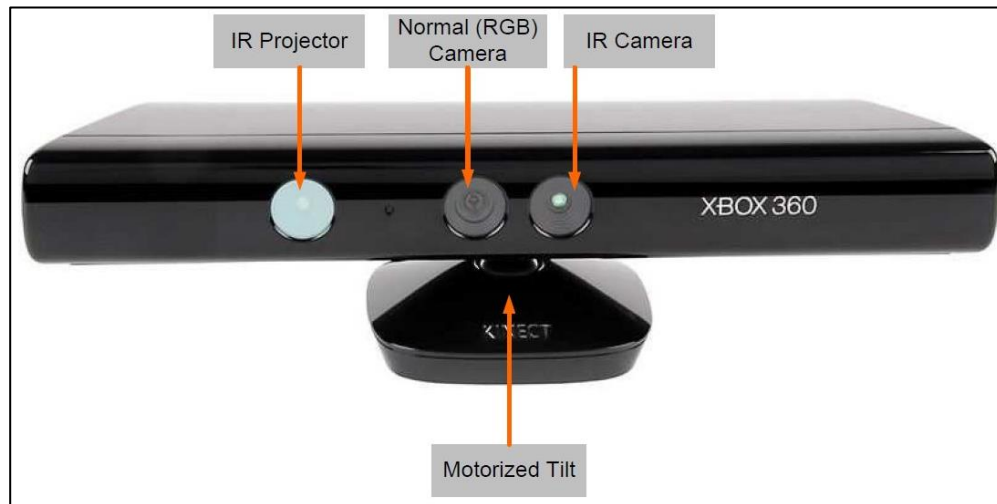
Es una consola de juegos que cuenta con tres tipos de cámaras, cámara RGB, cámara de profundidad y una cámara infrarroja, la que permite que mediante la detección de gestos controlar las aplicaciones que hay dentro de la plataforma. Como se muestra en la figura 15.

Un grupo de desarrolladores creó un software que permitía simular una pizarra digital, para esta implementación usaron la plataforma de Visual Studio con la ayuda de librerías en las cuales se especifican los controladores de Kinect.

Con el diseño de algoritmos de detección de objetos y seguimiento que permite la consola con la ayuda de las tres cámaras que posee, fue posible crear un sistema en el cual no se necesite de marcadores acrílicos y tampoco de LED infrarrojos, y solo se utilizan como herramientas señaladores los dedos, que además permite ser exacto en su implementación.



El problema de usar este dispositivo es que no es un artefacto económico para usar, y la empresa que se encargaba de su fabricación dejó de hacerlas debido a la poca acogida que tuvo en el mercado de las consolas de juego. El



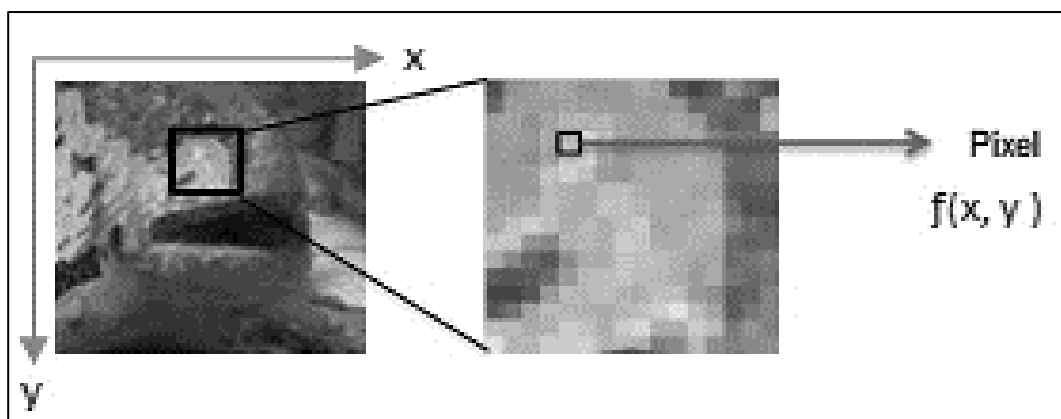
**Figura 15.** Microsoft Xbox 360 Kinect. Imagen tomada de [https://www.allaboutcircuits.com/uploads/articles/XBox\\_360\\_Kinect-call\\_outs.jpg](https://www.allaboutcircuits.com/uploads/articles/XBox_360_Kinect-call_outs.jpg). Elaborado por Nick Davis

### 2.2.13. Visión por computadora

La visión por computadora es una ciencia en la cual se adquieren, procesan y analizan las imágenes adquiridas por una cámara, con la finalidad de obtener información que pueda ser procesada por una computadora. Para este proyecto se utiliza esta disciplina con el fin utilizar recursos accesibles y tener como resultado el prototipo de una pizarra interactiva con estos medios.

#### 2.2.13.1. Imágenes digitales

Una imagen digital está representada matemáticamente como una matriz bidimensional  $f(x, y)$ , donde  $x$  e  $y$  representan las coordenadas espaciales de la imagen y la amplitud  $f$  es la intensidad sobre cualquier punto  $(x, y)$ , los valores que adoptan  $x$ ,  $y$  dentro de una imagen son finitos y se le denomina a cada punto pixel, donde además la amplitud obtenida representa un valor en escala de grises o en diferentes colores (Marcillo Plúa, 2017) como se indica en la figura 16.



**Figura 16** Representación de una imagen digital

### **2.2.13.2. Características de una imagen**

Una imagen obtenida y digitalizada se representa generalmente en colores RGB donde se le asigna un rango de 8-bits a cada intensidad de color con lo que se obtienen 24-bits para las imágenes a color en los que se pueden generar hasta 16 millones de tonos diferentes, son embargo para este proyecto resulta complejo el procesamiento de imágenes a color por lo que es necesario modificar las imágenes para obtener resultados favorables. (Marcillo Plúa, 2017)

### **2.2.13.3. Procesamiento de imágenes**

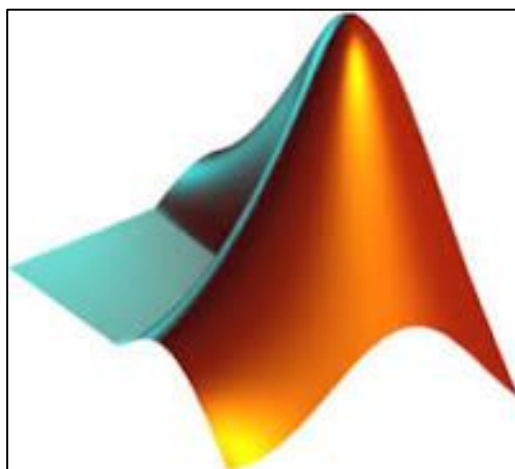
Es el procedimiento que se realiza a una imagen con un conjunto de técnicas para resaltar características de interés para obtener información o realizar operaciones de análisis como la segmentación, cambio de colores etc. (Marcillo Plúa, 2017)

### **2.2.14. Matlab**

Es una plataforma que tiene su propio lenguaje de programación para ofrecer un ambiente de desarrollo constituido que se encuentra disponible para todos los sistemas operativos. Esta herramienta sirve para realizar cálculos complejos y simulaciones con otros tipos de hardware y tiene la compatibilidad con otros programas en otros lenguajes de programación. Es frecuentemente utilizado en universidades para investigaciones, tanto como para analizar datos, desarrollar algoritmos y también interfaces de usuario y simulaciones de comunicaciones inalámbricas. (Mathworks, s.f.)

Dentro del procesamiento de imágenes y visión por computadora Matlab es muy útil porque permite obtener información de los datos de imagen como los componentes que hay en cada pixel como los colores primarios digitales RGB (rojo, verde y azul en inglés), como modificar los datos de los mismos con algoritmos de umbralización y Binarización.; también

desarrollar algoritmos para la detección de objetos y programar acciones para cuando se cumplan ciertas condiciones en el entorno. En la figura 17 se observa el icono de la plataforma.

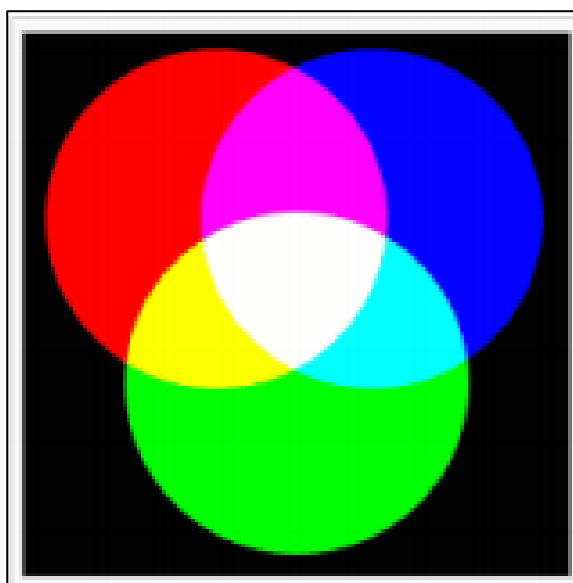


**Figura 17.** Matlab. Imagen obtenida de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/21/Matlab\\_Logo.png/240px-Matlab\\_Logo.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/21/Matlab_Logo.png/240px-Matlab_Logo.png).  
Elaborado por el autor

### 2.2.15. RGB

En los sistemas de imágenes digitales RGB son los acrónimos en inglés de los colores primarios red, green, blue (rojo, verde, azul). (Gonzales&Wood, 2007) Como se aprecia en la figura 18.

Gracias a este modelo de color se hace posible que se represente por medio de las cámaras digitales los colores mediante los tres colores mencionados, ya que trata de hacer la suma de colores que hay en cada pixel. (Gonzales&Wood, 2007)



**Figura 18.** Mezcla de colores. Imagen tomada de [http://www2.elo.utfsm.cl/~elo328/PDI13\\_Color.pdf](http://www2.elo.utfsm.cl/~elo328/PDI13_Color.pdf)  
Elaborado por (Gonzales&Wood, 2007)

### 2.2.16. Umbralización de imágenes

Es el proceso en el cual se busca un umbral óptimo por medio del histograma para así poder distinguir en la imagen de los objetos que hay en el fondo con respecto al primer plano, ese umbral es el valor en el cual el histograma se divide en dos picos, en algunas imágenes es muy difícil de encontrar por la complejidad que tienen. (Oscar Möller, 2011)

Estas técnicas buscan encontrar el valor de umbral que permita binarizar la imagen aislando el fondo y el objeto a separar. (Oscar Möller, 2011). La fórmula es la siguiente:

$$L(x,y) = \begin{cases} 1, l(x,y) \leq u \\ 0, l(x,y) > u \end{cases}$$

Muchas técnicas de umbralización están basadas en la información del histograma, el objetivo es encontrar el valor T (umbral) adecuado entre los valores de grises para que haya la separación entre el objeto y el fondo. (Oscar Möller, 2011). En la figura 19 se indica la aplicación del umbral para observar la imagen de primer plano.



**Figura 19.** Umbral de máxima entropía. Imagen tomada de <https://la.mathworks.com/matlabcentral/mlcdownloads/downloads/submissions/35158/versions/1/screenshot.JPG>. Elaborado por Matlab.

### 2.2.17. Luminancia

Se encarga de medir la cantidad de luz que emitió, que pasa o es reflejada desde un plano desde un ángulo compacto, también nos indica la cantidad de energía luminosa que el ojo humano puede percibir, en pocas palabras lo que hace es indicar el brillo de la luz que se transmitió al exterior de la superficie. (Minolta, s.f.)

### 2.2.18. Cálculo del centroide en Matlab

El objetivo del programa es detectar la posición del LED infrarrojo en tiempo real y debe obtener las coordenadas por medio del centroide el objeto que nos interesa.

Generalmente el algoritmo se enfoca en el centro de masa para el cálculo del centroide, en el cual se obtiene un promedio en el peso de los pixeles del objeto que nos interesa de imagen que este binarizada como se indica en la figura 20. Los valores de las coordenadas se definen por la fórmula:

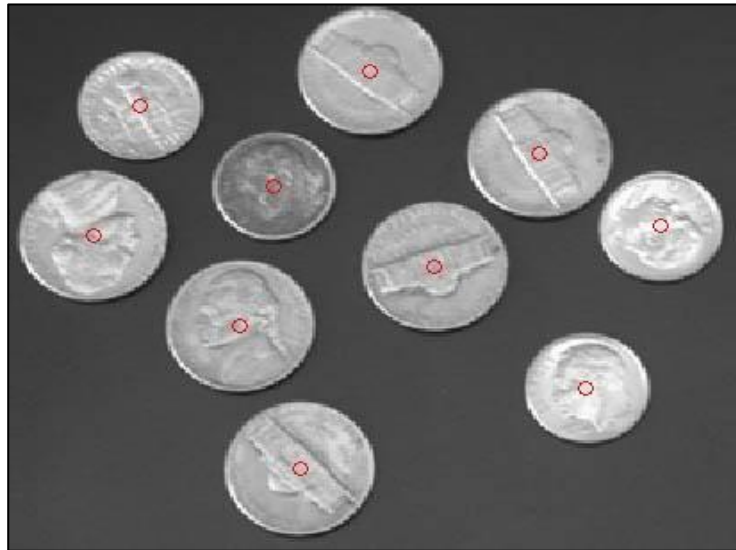
$$Cx = \frac{\sum \text{Coordenadas pixeles en } x}{\text{Cantidad de pixeles del objeto}}$$

$$Cy = \frac{\sum \text{Coordenadas pixeles en } y}{\text{Cantidad de pixeles del objeto}}$$

La cantidad de pixeles del objeto equivale a su área, se define por:

$$Cx = \frac{\sum x \sum y x \cdot h(x,y)}{\sum x \sum y h(x,y)}$$

$$Cy = \frac{\sum x \sum y y \cdot h(x,y)}{\sum x \sum y h(x,y)}$$

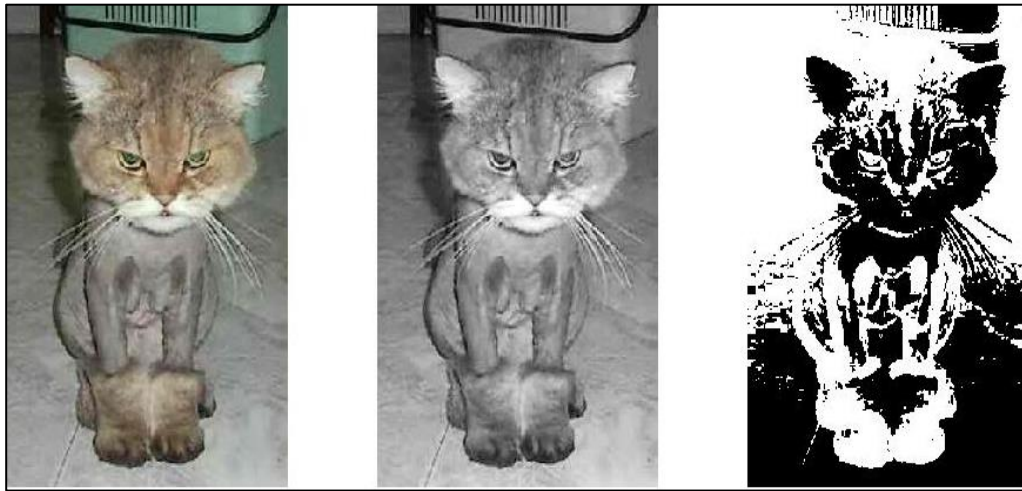


**Figura 20.** Centroide de objetos. Información tomada de [https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/uploaded\\_files/168712/image.jpeg](https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/uploaded_files/168712/image.jpeg). Elaborado por Matlab.

### 2.2.19. Binarización de imágenes

Para realizar este proceso se debe tomar la imagen de una fuente de entrada que puede ser un archivo jpg, png, tif; o se toma la imagen a partir de una webcam conectada a la computadora. Al tomar imágenes por medio de una webcam, como resultado estas se obtienen a color, de la combinación de los tres colores primarios, es necesario pasar esta

imagen a escala de grises para que la intensidad de los colores que hay en cada pixel sea más fácil de binarizar. En la figura 21 se indican los procesos antes mencionados con una imagen como ejemplo.



**Figura 21.** Proceso de Binarización de una imagen. Información tomada de Fuente: <https://la.mathworks.com/matlabcentral/mlcdownloads/downloads/submissions/9107/versions/1/screenshot.jpg> . Elaborado por Matlab.

#### 2.2.20. Control del puntero de Windows por medio de la librería de java

Dentro de la plataforma de Matlab se ofrecen las librerías de java disponibles con las cuales se van a poder ejecutar las acciones del mouse al ejecutarse el cálculo del centroide cuando se detecte el objeto de interés.

Las acciones del puntero del mouse que son importantes son controlar la posición del mouse así como los demás eventos.

- `jRobot.mouseMove` define la posición del mouse por medio de las coordenadas que detecta en la webcam en el objeto de interés.
- `jRobot.mousePress` define la acción por medio de la cual al detectar el objeto de interés activa el botón izquierdo.
- `jRobot.mouseRelease` se encarga de desactivar la función del botón izquierdo

En base a estas funciones se crea un algoritmo con el cual se interactúe con el LED infrarrojo y la webcam.

#### 2.2.21. Infrarrojo

La luz infrarroja es aquella luz que el ojo humano no puede percibir, esto se debe a que la luz se descompone en ciertos valores que son visibles para el ojo como la luz que se descompone en el arcoíris, y también luz que tiene valores que no pueden ser detectados por una persona.

### **2.2.22. Cámara Infrarroja**

La cámara infrarroja es un dispositivo que se encarga de filtrar la luz de este tipo que se encuentra en el espectro de la luz y que es invisible para el ojo humano. Esta cámara posee otro tipo de filtro en la parte posterior del lente de la cámara.

Este dispositivo permite que la luz infrarroja del LED sea visible sin que haya pérdida de la señal al alejarse de la cámara, este tipo de luz no se afectada por las luces artificiales de focos o lámparas, sin embargo la cámara puede detectar la luz solar debido que también está compuesta por luz infrarroja.

## **Capítulo III**

### **Metodología**

En este capítulo se describen los procedimientos y métodos utilizados para desarrollar el diseño de una pizarra interactiva usando una webcam como tarjeta de adquisición de datos.

#### **3.1. Métodos de Investigación**

##### **3.1.1. Investigación Bibliográfica**

Su principal característica se debe a la recopilación de información de fuentes confiables siempre que se hace un trabajo de investigación y que esta búsqueda tenga un gran aporte en el trabajo de tesis a realizar. En esta investigación se la utiliza para obtener información acerca de los suministros que son contaminantes para la salud desde que se utilizan pizarras en la impartición de clases y como evoluciono a lo largo del tiempo el diseño de esta herramienta hasta la actualidad y los efectos negativos de los residuos sólidos y tóxicos ocasionados por los acrílicos al medio ambiente.

##### **3.1.2. Investigación Experimental**

Es el método por el cual se controlan las variables que están involucradas dentro del problema a investigar y encontrar una relación entre todas ellas, con un objetivo científico.

Dentro de este método se realizarán pruebas para determinar el dispositivo para adquirir los datos necesarios para las simulaciones como por ejemplo el dispositivo para la adquisición de imágenes en las cuales se desarrollaran pruebas con la interacción de los elementos del entorno, como la calidad de la imagen que se adquiere por la cámara, la resolución del dispositivo disponible adecuada para la adquisición de imágenes, la luminancia, la cantidad de pixeles de la resolución del computador, el objeto que se definirá como objeto de interés para la detección y que este se encargue de llevar a cabo la activación de comandos a distancia, así como también se realizarán pruebas con algoritmos para el control del cursor cuando se ejecuten las simulaciones con el objeto de prueba.

Se realizaran pruebas de la comunicación del dispositivo de adquisición de imágenes con la plataforma Matlab para determinar la compatibilidad de los adaptadores de video para la adquisición de datos, y la calidad de las imágenes para ser procesadas.

##### **3.1.3. Investigación Cuantitativa**

Es una metodología de investigación en la cual se recopilan y analizan los datos obtenidos de diferentes orígenes, se necesita de herramientas computacionales, matemáticas y estadísticas para la obtención, procesamiento e interpretación de los resultados.



### 3.1.4. Investigación Cuantitativa

Por medio de este instrumento se realizan un número determinado de preguntas que van a ser dirigidas a una muestra de la población con la finalidad de obtener datos que ayuden en el trabajo de investigación.

Las encuestas dirigidas a los docentes de la carrera se han desarrollado con cinco opciones de respuesta de acuerdo a la escala de Likert.

### 3.1.5. Población y Muestra

La población es el conjunto de personas a los que se encuesta con la finalidad de obtener información de suma importancia en el transcurso de la investigación y por medio de los resultados llegar a las conclusiones. Para obtener información se tomó como la población a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Teleinformática de la Facultad de Ingeniería Industrial del periodo lectivo 2018 – 2019.

La muestra de la población al ser un subconjunto que permite que se hagan generalizaciones, debido al tamaño de la población se determinó el uso de muestreo no probabilístico por medio de la formula a continuación.

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= tamaño conocido de la población= 23

z= nivel de confianza 95%= 1.96

e= error máximo permitido 16%= 0.16

pq= (0.50)(0.50)= 0.25

**Cálculo:**

$$n = \frac{23}{1 + \frac{e^2(23-1)}{z^2pq}}$$

$$n = \frac{23}{1 + \frac{0.16^2(23-1)}{1.96^2(0.25)}}$$

$$n = \frac{23}{1 + \frac{0.0256(22)}{3.8416(0.25)}}$$

$$n = 15$$

La encuesta consta de 10 preguntas como se indica en el Anexo 8, a continuación se adjuntan los resultados que se obtuvieron.

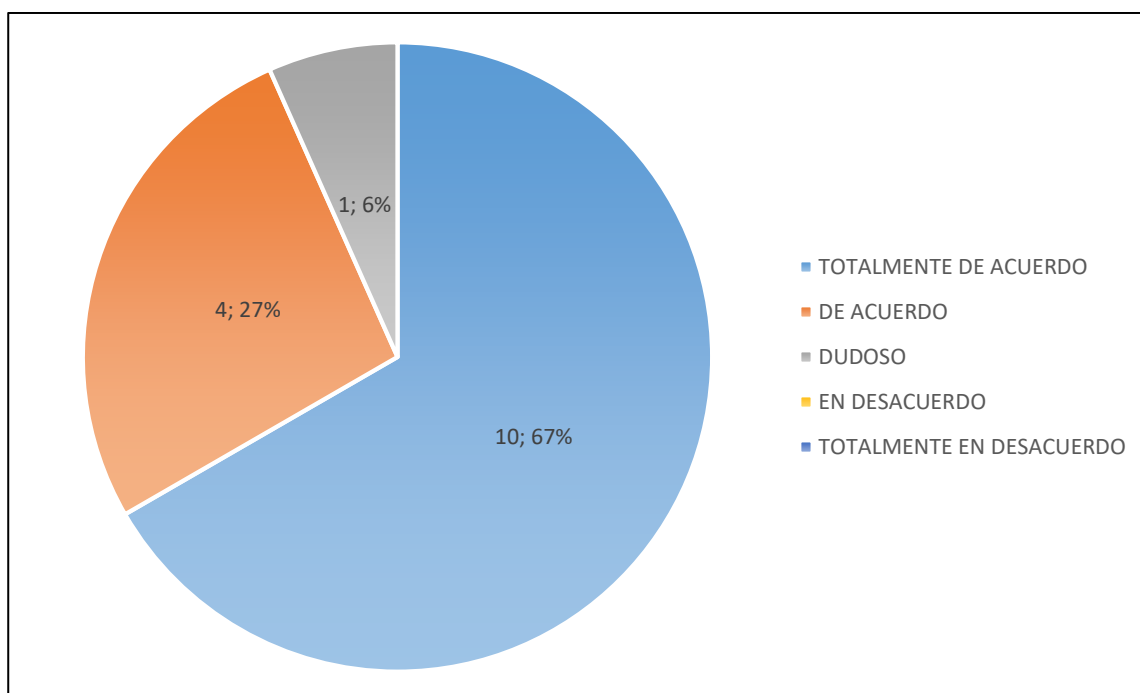
**Pregunta 1.**

¿Ud. estaría dispuesto a utilizar una pizarra interactiva para impartir clases?

**Tabla 4.** Disponibilidad para usar pizarra digital

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	10	67%
De acuerdo	4	27%
Dudoso	1	6%
En desacuerdo		
Totalmente en desacuerdo		
Total	15	100%

Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor



**Figura 22.** Disponibilidad para usar la pizarra digital. Información tomada de investigación directa. Elaborado por el autor.

En la figura 22 se observa que el 67% y el 27% de los encuestados están dispuestos a utilizar una pizarra interactiva para impartir clases. El 6% de los docentes encuestados está dudoso de si utilizaría una pizarra interactiva para sus clases.

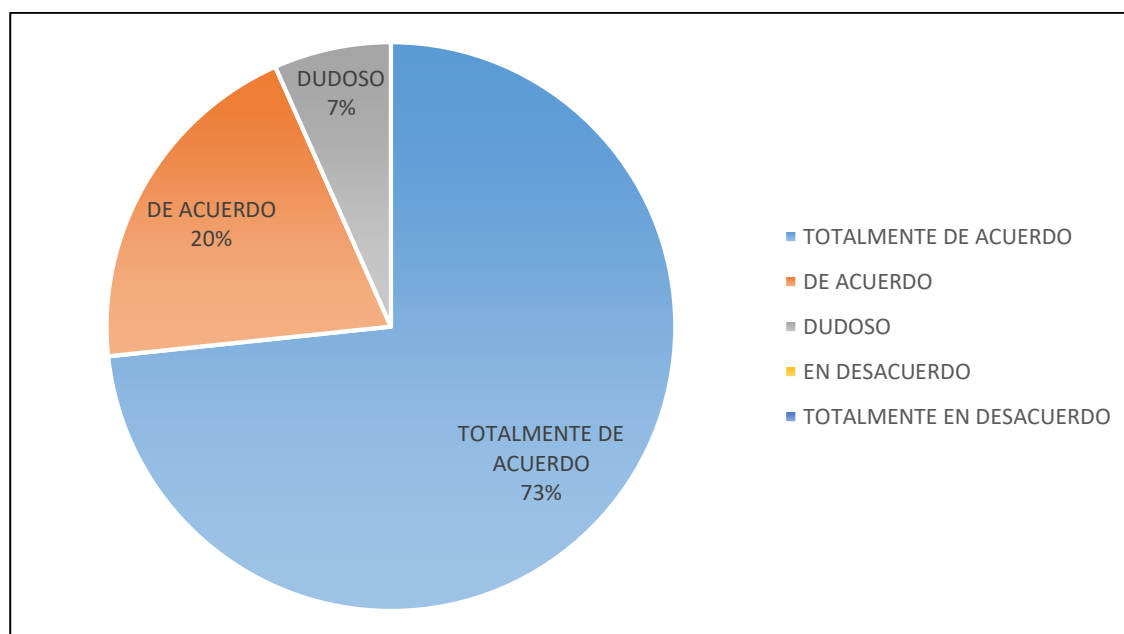
**Pregunta 2.**

¿Esta Ud. de acuerdo en que la facultad implemente una pizarra interactiva?

**Tabla 5.** Implementación de la pizarra interactiva

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	11	73%
De acuerdo	3	20%
Dudoso	1	7%
En desacuerdo		
Totalmente en desacuerdo		
Total	15	100%

Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor



**Figura 23.** Implementación de pizarra interactiva. Información tomada de investigación directa. Elaborado por el autor.

Como se observa en la figura 23 los índices del análisis de la pregunta 1 realizadas a los docentes muestran que el 93% de los docentes que fueron encuestados está de acuerdo que se implemente una pizarra interactiva en la facultad de ingeniería industrial, el 20% tiene una opinión positiva con respecto a la implementación de esta herramienta.

En cambio un 7% se encuentra dudoso si se debería implementar una pizarra interactiva que corresponde a la minoría de los encuestados.

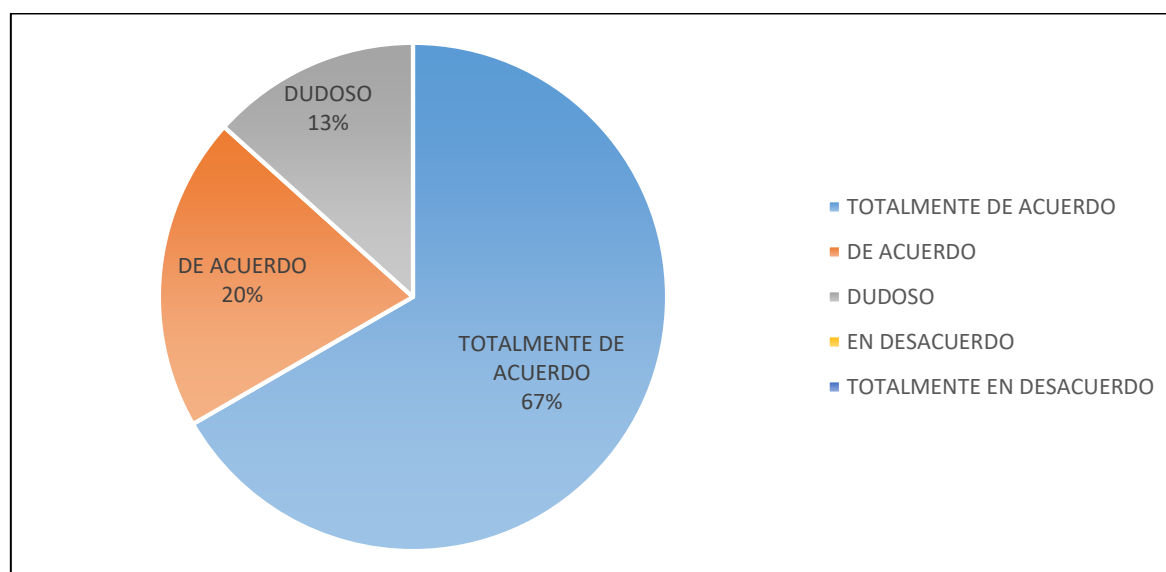
**Pregunta 3.**

¿Ud. Piensa que una pizarra interactiva optimizaría el tiempo del docente en impartir las clases?

**Tabla 6.** Optimización de tiempo en clases

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	10	67%
De acuerdo	3	20%
Dudoso	2	13%
En desacuerdo		
Totalmente en desacuerdo		
Total	15	100%

*Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor*



**Figura 24.** Optimización de tiempo de clases. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor

En la figura 24 se observa el análisis gráfico de la pregunta 3 que fue realizada a los maestros, el 67% de los docentes opina que se optimizaría el tiempo de los docentes al impartir las clases, además el 20% opina de manera positiva con respecto a que estas herramientas. El 13% se encuentra dudoso de si se optimizaría el tiempo al utilizarlas por ser una novedad tecnológica en la educación

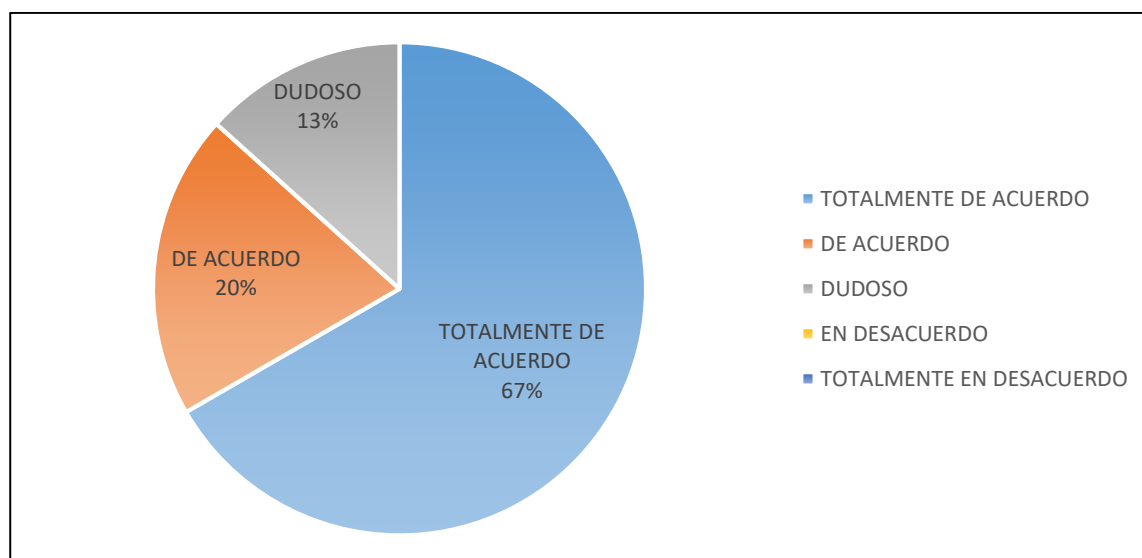
**Pregunta 4.**

¿Ud. Cree que una pizarra interactiva es un material más practico que marcadores, borrador de pizarra?

**Tabla 7.** Pizarra interactiva como material más practico

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	10	67%
De acuerdo	3	20%
Dudoso	2	13%
En desacuerdo		
Totalmente en desacuerdo		
Total	15	100%

*Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor*



**Figura 25.** Pizarra interactiva como material más práctico. Información obtenida por investigación directa. Elaborado por el autor

En la figura 25 se observa el análisis grafico de la pregunta 4 que fue realizada a los docentes, el 67% está totalmente de acuerdo que la pizarra interactiva es más práctica que los insumos que actualmente usan para impartir clases, el 20% de los encuestados opinan de manera similar con respecto a este tema, en la minoría aparece el 13% de los encuestados y se encuentran en duda que la pizarra interactiva sea más eficiente.

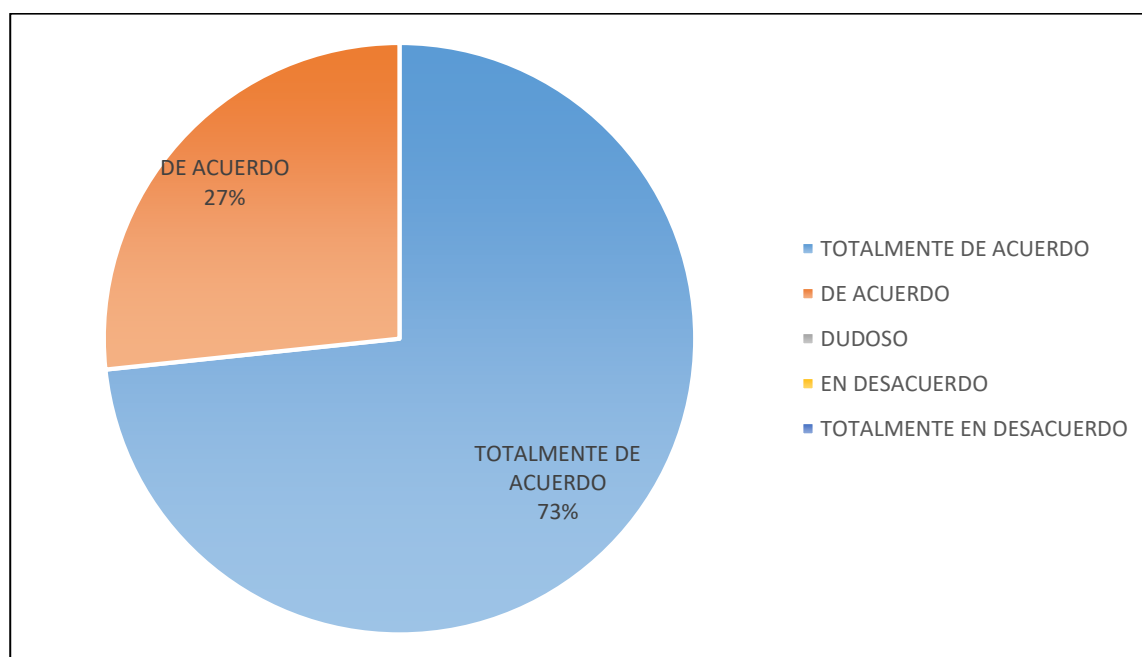
**Pregunta 5.**

¿Ud. Considera que una pizarra interactiva ayudaría en evitar los problemas ecológicos (disminución de desechos de marcadores y papel) de la facultad?

**Tabla 8.** Amigable con el medio ambiente

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	11	73%
De acuerdo	4	27%
Dudoso		
En desacuerdo		
Totalmente en desacuerdo		
Total	15	100%

Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor



**Figura 26.** Amigable con el medio ambiente. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor.

En la figura 26 se observa el análisis gráfico de la pregunta 5 que fue realizada a los docentes, el 73% más el 27% de los encuestados consideran que el uso de una pizarra interactiva ayuda a reducir los problemas ambientales que se producen al usar insumos acrílicos y que es amigable con el medio ambiente.

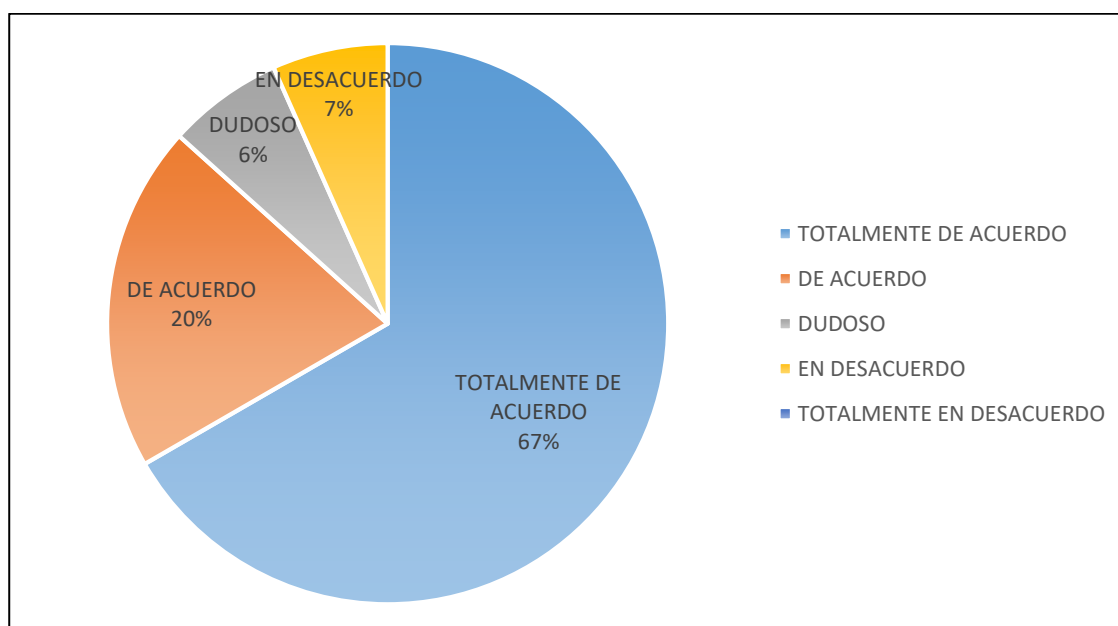
**Pregunta 6.**

¿Ud. cree que al implementar una pizarra interactiva ayuda a aprovechar los recursos tecnológicos que posee la facultad de manera óptima y eficaz?

**Tabla 9.** Optimización de recursos

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	10	67%
De acuerdo	3	20%
Dudoso	1	6%
En desacuerdo	1	7%
Totalmente en desacuerdo		
Total	15	100%

Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor



**Figura 27.** Optimización de recursos. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor.

En la figura 27 se observa el análisis gráfico de la pregunta 6 que fue realizada a los docentes, el índice más alto que es el 67% de los encuestados opina que se utilizarían de mejor manera. Además del 20% está de acuerdo que al implementar una pizarra interactiva se aprovechan los recursos que están instalados en las aulas de las aulas de la facultad de manera eficiente, sin embargo en 6% se encuentra dudoso de si se optimizarían, y el 7% está en desacuerdo.

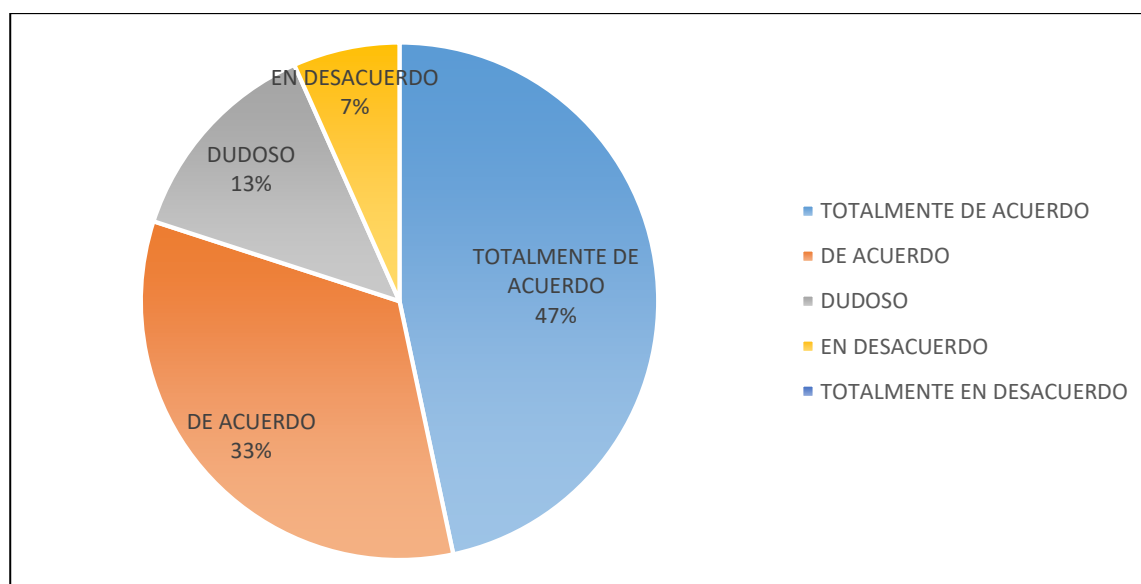
**Pregunta 7.**

¿Ud. opina que una pizarra interactiva instalada en todas las aulas seria de ayuda en los presupuestos futuros de la carrera de Ing. en teleinformática?

**Tabla 10.** Alternativa para el presupuesto

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	7	47%
De acuerdo	5	33%
Dudoso	2	13%
En desacuerdo	1	7%
Totalmente en desacuerdo		
Total	15	100%

Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor



**Figura 28.** Alternativa para el presupuesto. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor.

En la figura 28 se observa el análisis gráfico de la pregunta 7 que fue realizada a los docentes, el 47% de los encuestados está totalmente de acuerdo que la instalación de una pizarra interactiva en todas las aulas ayudaría en el presupuesto futuro de la carrera de ingeniería en teleinformática, el 33% tiene una opinión positiva y está también de acuerdo, un 13% de los encuestados se encuentra dudoso de que sea así, y el 7% está en desacuerdo.



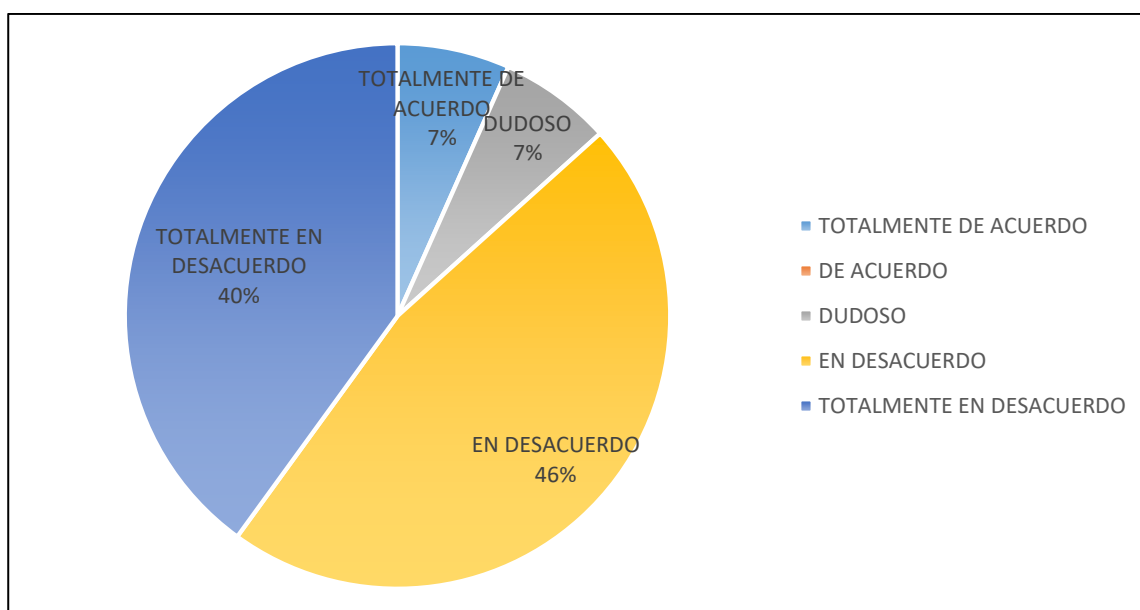
**Pregunta 8.**

¿Actualmente todas aulas de la carrera de Ing. en Teleinformática cuentan con proyectores?

**Tabla 11.** *Proyectores en las aulas*

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de Acuerdo	1	7%
De Acuerdo		
Dudoso	1	7%
En Desacuerdo	7	46%
Totalmente en Desacuerdo	6	40%
Total	15	100%

*Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor*



**Figura 29.** *Proyectores en las aulas. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor.*

En la figura 29 se observa el análisis gráfico de la pregunta 8 que fue realizada a los docentes que el 7% de los encuestados al ser la minoría opina que todas las aulas cuentan con proyectores instalados, un 7% se encuentra dudoso de que todas las aulas cuenten con proyectores instalados, el 46% está en desacuerdo de que todas las aulas de la carrera cuenten con proyectores instalados y finalmente el 40% está en total desacuerdo de que hayan proyectores en todas las aulas.

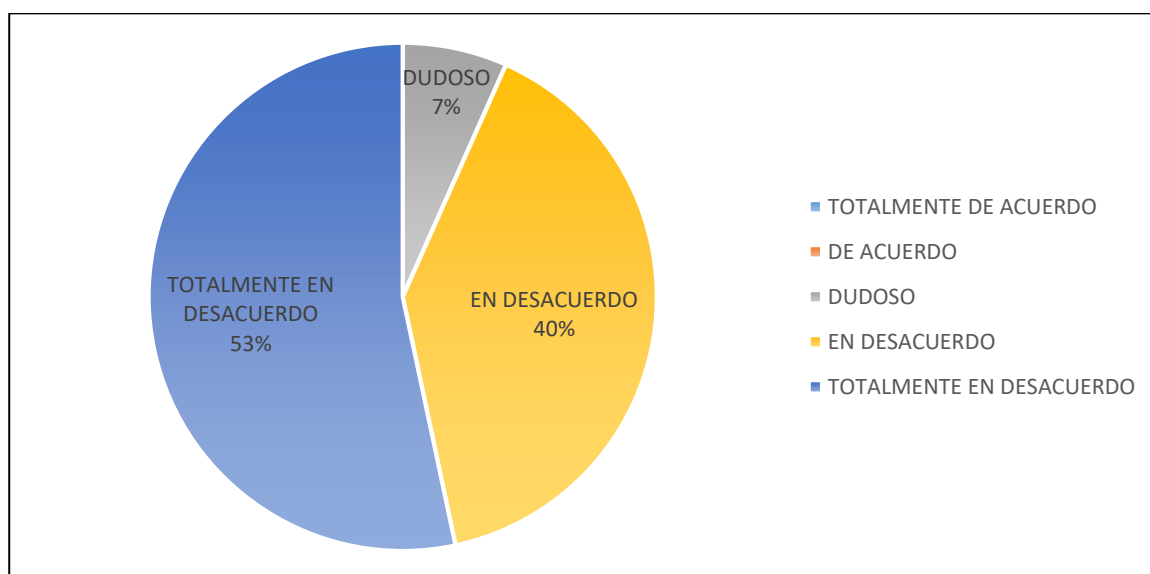
**Pregunta 9.**

¿Actualmente todos los proyectores de las aulas de la carrera de Ing. en Teleinformática se encuentran en buen estado?

**Tabla 12.** *Proyectores en buen estado*

Opinión	Docentes	Porcentaje
Totalmente de Acuerdo		
De Acuerdo		
Dudoso	1	7%
En Desacuerdo	6	40%
Totalmente en Desacuerdo	8	53%
Total	15	100%

*Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor*



**Figura 30.** *Proyectores en buen estado. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor.*

En la figura 30 se observa el análisis gráfico de la pregunta 9 que fue realizada a los docentes que el 53% de los encuestados opina que no todos los proyectores que están instalados en las aulas que cuentan con proyector están en buen estado, otro 40% también está en desacuerdo, el 7% está en duda de que funcionen bien los proyectores que hay instalados en las aulas de la carrera.

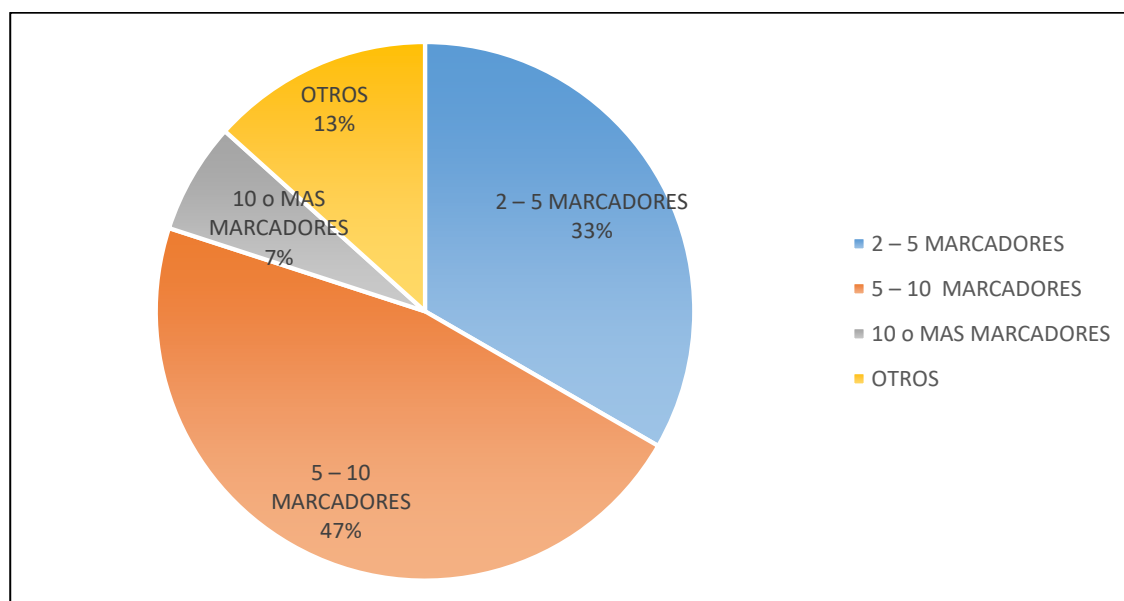
**Pregunta 10.**

¿Cuántos materiales usted gasta o utiliza para impartir sus clases mensualmente? Por favor especifique la cantidad de marcadores y borradores que se usa mensualmente

**Tabla 13.** Cantidad de marcadores usados

Cantidad de marcadores	Docentes	Porcentaje
2 – 5 marcadores	5	33%
5 – 10 marcadores	7	47%
10 o más Marcadores	1	7%
Otros	2	13%
Total	15	100%

Información tomada por Investigación Directa. Elaborado por el autor



**Figura 31.** Cantidad de marcadores usados. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor.

En la figura 31 se observa se observa el análisis grafico de la pregunta 10 que fue realizada a los docentes que el 33% de los encuestados usa de dos a cinco marcadores al mes, otro 47% usa mensualmente entre cinco y 10 marcadores al mes, el 7% usa más de 10 marcadores en el mes y finalmente un 13% usa mínimo un marcador o usa marcadores recargables.

### 3.1.6. Análisis de la Encuesta

Para los resultados de las encuestas en los que sus opciones de respuesta son “totalmente de acuerdo” y “de acuerdo” se tomaran como equivalente de “de acuerdo” así como también las opciones de “totalmente en desacuerdo” y “en desacuerdo” se tomaran como equivalente de “en desacuerdo”. En las encuestas realizadas se comprobó que en total el 94% equivalente a 14 docentes encuestados están dispuestos a utilizar una pizarra interactiva para realizar las actividades académicas. El 93% está de acuerdo que se implemente una pizarra interactiva en la facultad, el 87% opina que esta herramienta ayuda a optimizar el tiempo en que las clases son impartidas, el 87% afirma que este tipo de herramienta es más práctica que utilizar marcadores acrílicos y borradores, todos los docentes encuestados están de acuerdo en que es una solución a los problemas ambientales causados por el uso continuo de marcadores acrílicos, el 87% cree que se aprovecharían de manera más eficiente los recursos que ya están instalados en la facultad, el 80% está de acuerdo que esta implementación puede traer beneficios en los presupuestos futuros de la facultad, sin embargo según el 86% se comprobó que no todas las aulas de la carrera cuentan con proyectores instalados, y el 93% afirma que de las aulas que cuentan con proyectores no todos están en buen estado.

También se constató que el 33% utiliza entre 2 y 5 marcadores en el mes, el 47% entre 5 y 10 marcadores, solo el 7% equivalente a un docente utiliza más de 10 marcadores al mes, un docente utiliza solo un marcador al mes debido a la materia que imparte y así mismo otro docente utiliza un marcador recargable el cual tiene un periodo de vida de 6 meses, solo entre esta cantidad de profesores se gastan entre 57 y 90 marcadores acrílicos por mes, lo que da por semestre un total aproximado de 684 a 1158 marcadores acrílicos. Este cálculo se lo realizo al multiplicar la cantidad de marcadores correspondiente a la frecuencia de uso de cada uno lo que da como resultado este rango mensual de insumos utilizados.

Debido a estos resultados se propone desarrollar un prototipo como una solución al problema de gastos recurrentes que hay en la carrera de Ingeniería en Teleinformática, así también la contaminación generada por su continuo uso y para aprovechar los recursos de manera más óptima.

## **Capítulo IV**

### **Propuesta**

#### **4.1. Introducción**

En base a la información que se recolectó en el capítulo anterior, se constató que la mayoría de docentes está dispuesto a utilizar un pizarrón interactivo debido a que consideran que el tiempo de clases se optimizaría y sería mejor aprovechado, también están de acuerdo que es un material más práctico y más fácil de utilizar por lo que no se necesitan de herramientas como lo borradores para pizarra o cualquier material sustituto para llevar a cabo esta acción.

La gran mayoría determina también que usar este recurso es amigable con el medio ambiente, ya que se prescinde del uso de rotuladores acrílicos, que son la causa de contaminación ambiental por los residuos plásticos que quedan y los desechos químicos restantes de estos materiales que son peligrosos en el ambiente debido a la gran cantidad que se acumula con el paso del tiempo.

Muchos docentes están de acuerdo en que se aprovechan los recursos tecnológicos que ya están instalados en las aulas de la carrera de ingeniería en telecomunicaciones, y que pueden ser utilizados sin la necesidad de adquirir costosos equipos que requieren de elevados precios de mantenimiento e instalación, que incluso ocupan espacio físico que puede ser aprovechado. Los profesores que fueron encuestados en la mayoría opinan que implementar una pizarra interactiva ayudaría en los presupuestos de la universidad a ahorrar los costos de adquisición que se da recurrentemente en los marcadores, ya que serían reemplazados por un dispositivo que no necesita de tinta para escribir sobre una superficie, y que no se gasta como usualmente sucede con los rotuladores acrílicos y como consecuencia no necesitan ser reemplazados cada mes.

La mayoría de los docentes encuestados están de acuerdo en que no todas las aulas de la carrera cuentan con proyectores instalados, y que aún hay aulas en las cuales se necesita de los proyectores, aunque son pocas las que tienen este déficit es necesario que se instalen estos recursos en las instalaciones faltantes.

Según las encuesta realizadas se tiene que no todos los proyectores están en perfectas condiciones en las aulas que cuentan con estos dispositivos, ya que hay algunos que presentan desperfectos al momento de mostrar las imágenes que hay en el computador que se encuentra conectado, y esto interfiere en las prácticas de algunas materias en las actividades académicas, ante estas fallas los docentes solicitan un proyector para ejercer sus labores diarias.

Según los datos obtenidos de la encuesta, mensualmente los docentes utilizan marcadores basados en la siguiente tabla.

**Tabla 14.** *Calculo estimado de marcadores por mes*

<b>Cantidad de marcadores</b>	<b>Cantidad de docentes</b>	<b>Rango estimado al mes</b>
2 – 5 marcadores	5 docentes	Entre 10 a 25 marcadores
5 – 10 marcadores	7 docentes	Entre 35 a 70 marcadores
10 o más marcadores	1 docente	Entre 10 a 11 marcadores
Otros (1 marcador)	1 docente	1 marcador
Otros (marcador recargable)	1 docente	1 marcador (en el semestre)
Total	15 docentes	Entre 56 a 107 marcadores al mes

*Información tomada de investigación directa. Elaborado por el autor*

Los valores estimados del gasto mensual se calculan multiplicando la cantidad de marcadores (en ambos valores máximos y mínimos) por la cantidad de docentes encuestados, con los cual se obtiene un rango al mes de rotuladores que los 15 docentes gastan al mes. De la misma manera se asume que en el año gastan entre 672 y 1284 marcadores acrílicos, este cálculo se realizó multiplicando el total por el número de meses del año, cabe recalcar que no se está tomando en cuenta el total de docentes de la carrera, y que de ser así la cantidad de insumos utilizados aumenta a casi del doble, por la razón de ser el doble de docentes los que laboran en la carrera de Ingeniería en Teleinformática.

En base a que la universidad tiene un gasto recurrente cada mes en la adquisición de estos insumos, los cuales pueden ser muy elevados para la carrera, el valor de los marcadores acrílicos está a un costo aproximado de \$1.00, en 15 docentes la universidad invierte aproximadamente entre 56 a 107 dólares al mes, en el año estos valores pueden superar los \$1000 dólares. También se debe tomar en cuenta que estos materiales causan contaminación en el ambiente debido a los restos solidos de plástico que quedan y los elementos químicos que quedan en el fieltro los cuales son tóxicos y se consideran residuos peligrosos para el ecosistema.

Ante la problemática del tema se plantea prescindir del uso de estos materiales por medio del uso integrado de los recursos tecnológicos con los están instalados en la mayoría de las

aulas de la carrera, en el cual se propone el desarrollo de un prototipo que permita el control del computador.

#### **4.2. Propuesta**

La pizarra digital interactiva es un dispositivo sobre el cual se proyecta la imagen del computador, generalmente se conecta la computadora a la pizarra por medio de un cable USB, y este dispositivo permite el control del computador por medio de la PDi (pizarra digital interactiva).

El uso de estos dispositivos permite a los docentes dar mejor explicación de la clase donde se encuentran contenidos en los que se necesita que se interactúe con ellos para tener un mejor entendimiento y destreza.

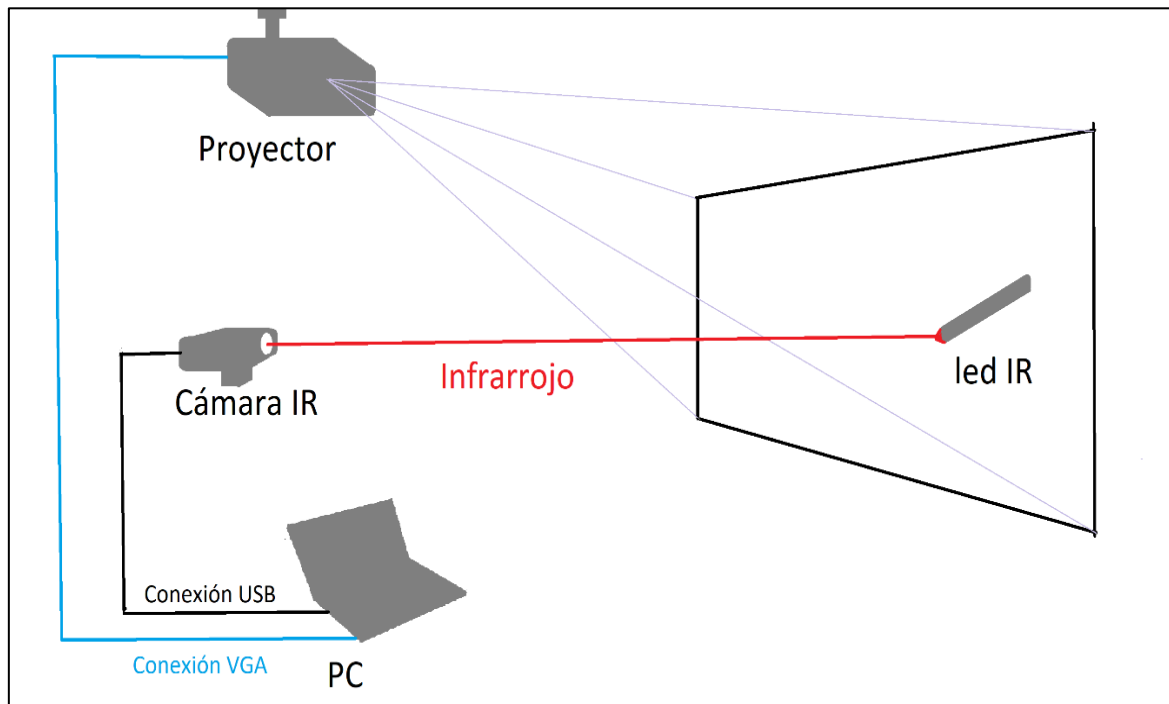
En estos dispositivos se pueden realizar anotaciones usando un lápiz digital o el dedo como en algunos modelos se permite y usarla como una pizarra convencional y además permite guardarlas como archivos en distintos formatos, y usar las diferentes funciones que posee una PDi. Se utiliza la tecnología electromagnética para el control táctil, así como también infrarrojos.

Existen también PDi de tipo portátiles, en los cuales su manipulación y traslación a cualquier sitio y otros como los cuales permiten usar cualquier superficie para que sea proyectada.

Para solucionar los problemas de contaminación ambiental y que la carrera de Ingeniería en Teleinformática aporte de manera positiva en el impacto ambiental, además se pretende que la universidad evite la adquisición de costosos dispositivos que hay en el mercado que brindan esta funcionalidad, pero que presentan grandes inconvenientes como los gastos en mantenimiento además de ser artefactos de uso muy delicado, se plantea aprovechar los elementos electrónicos que hay en las aulas de la carrera por medio del diseño de un prototipo en él se integran todos los dispositivos, se pretende controlar las funciones del computador por medio de un LED infrarrojo el cual es detectado por una cámara IR que estará conectada al computador.

Para ello se elaborará un algoritmo utilizando la plataforma de Matlab que detecte e interactúe con luz infrarroja y permita al usuario realizar acciones en el ordenador a distancia sin necesidad de que tenga contacto físico con el dispositivo. Se elaborará el prototipo de un lapicero emisor de luz IR que utilizará un LED para su funcionamiento, también se modificara una cámara web normal para que sea capaz de detectar este tipo de luz, la cual será conectada a la computadora por medio de conexión USB.

El sistema quedaría integrado por el computador conectado por cable VGA al proyector, donde este se encarga de proyectar la imagen que hay en el dispositivo, también se encuentra la comunicación entre la cámara y el computador, y el puntero LED se comunica con la cámara por medio de la luz IR que se emite, la cámara envía la información al computador y este a su vez la envía al programa, de esta manera se ejecuta las acciones que el usuario desea. Como se indica en la figura 32



**Figura 32.** Esquema de comunicación entre los dispositivos integrados. Información tomada por investigación directa. Elaborado por el autor

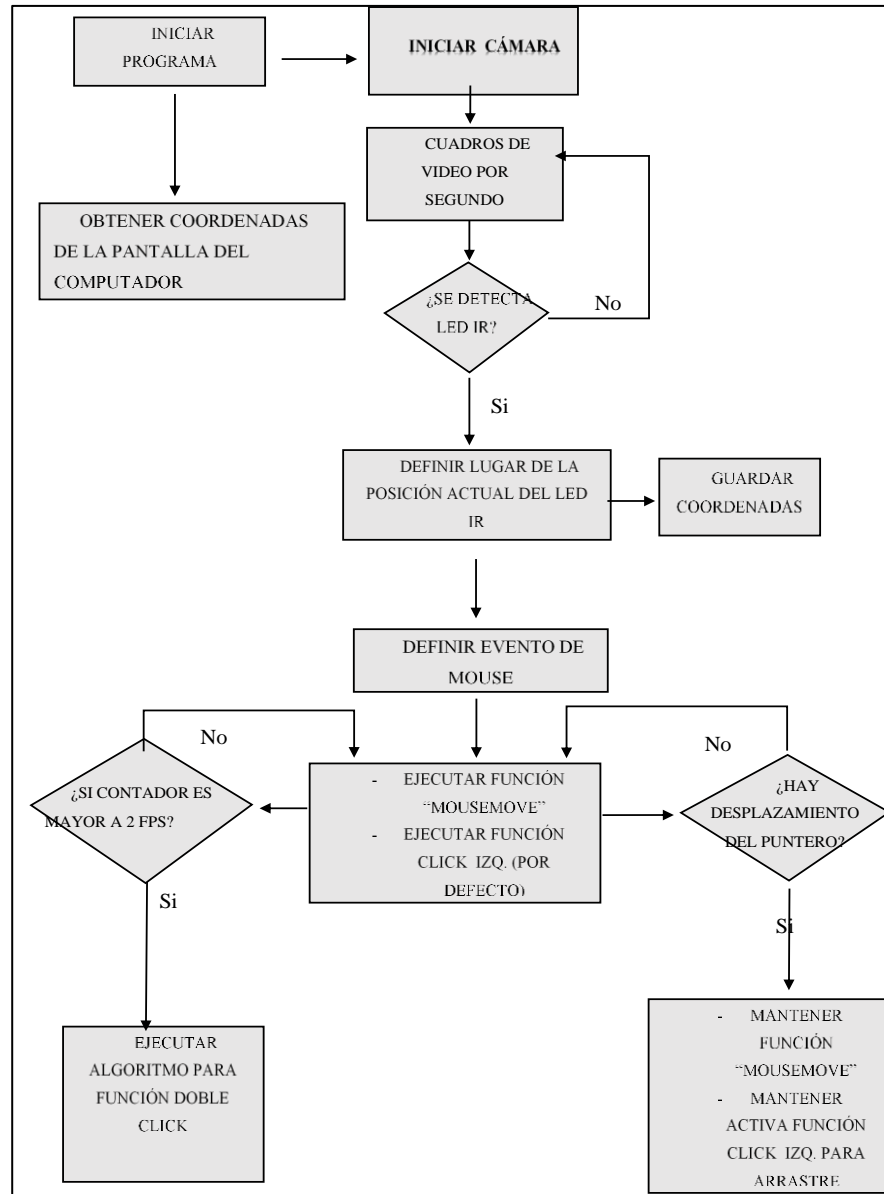
#### 4.3. Diseño de la propuesta

Para el desarrollo de la propuesta se analizaron las distintas alternativas con relación a la tarjeta de adquisición de datos para el diseño del proyecto, así como también las diferentes herramientas de software que pueden servir en la elaboración del algoritmo que se ejecutara en el computador, según las investigaciones realizadas se utilizará procesamiento digital de imágenes, ya que resulta un método económico e innovador en el que se utilizan recursos más accesibles sin la necesidad de adquirir costosos equipos para la elaboración del proyecto, ya que los datos que se van a tomar serán por medio de una cámara web y se necesita tratar esta información por medio de una plataforma que pueda realizar este tipo de tareas como la detección de objetos en tiempo real por medio de estos elementos, así como también identificar los elementos que hay dentro de un archivo de imagen, lo que permite al proyecto interactuar con los elementos que se encuentran en el entorno, como las acciones



realizadas por un usuario con un puntero que emite luz Infrarroja que serán convertidas en las funciones que se ejecutaran en el computador a distancia.

A continuación se muestra un diagrama en la figura No. 33 con la siguiente secuencia de procedimientos que se ejecutaran en el algoritmo.



**Figura 33.** Diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo. Información tomada por desarrollo en Matlab. Elaborado por el autor

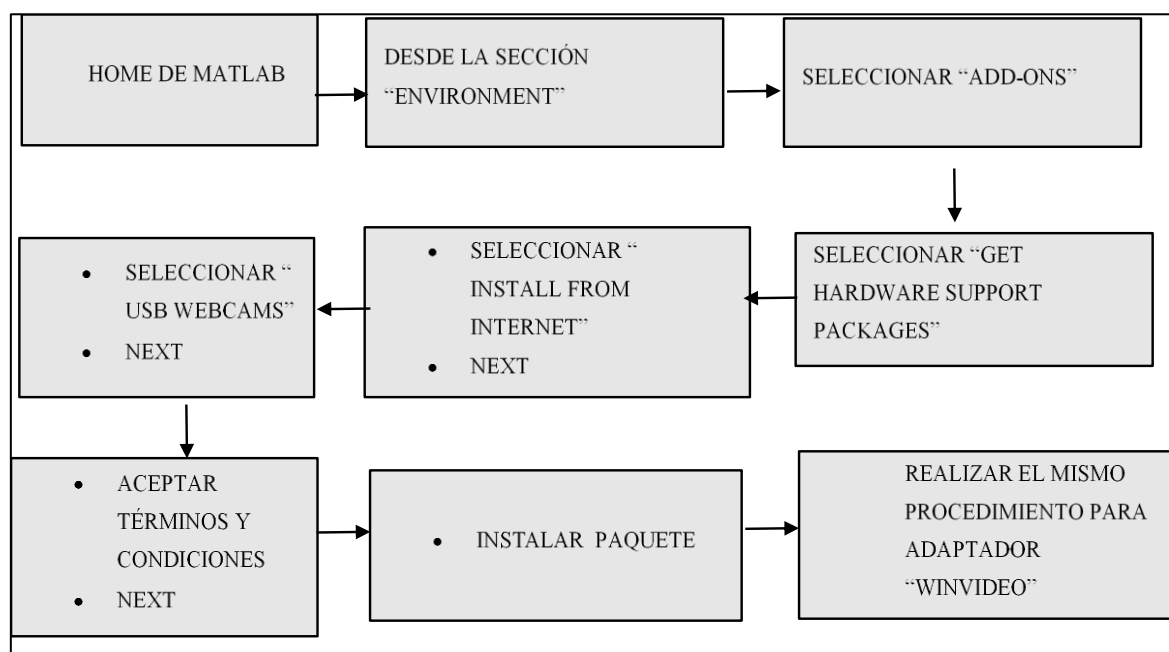
La plataforma que se escogió para desarrollar ésta propuesta es Matlab al ser un software potente usado por ingenieros y estudiantes en diferentes campos como el análisis de datos, diseño de algoritmos y despliegue de aplicaciones empresariales, simulaciones completas en sistemas de comunicación inalámbricos con tarjetas electrónicas, diseños en robótica, en aplicaciones de sistemas de finanzas y gestión de riesgos y procesamiento en señales, entre otros

En este caso se utiliza para el tratamiento digital de imágenes y visión por computadora, obtener información de los datos de las imágenes y desarrollo de algoritmos con la finalidad de comprender estos datos como los colores primarios digitales que permiten la captura de imágenes a color, y la intensidad de colores en los pixeles existentes. Realizar tareas como la detección y seguimiento y reconocimiento de objetos. (Mathworks, s.f.)

#### 4.4. Configuración de Cámara Omega

En este proceso se realizó la descarga y la instalación de los controladores mediante los cuales es posible la adquisición de imágenes. En Matlab se procede a la descarga de paquetes de software adicionales para facilitar la comunicación de la cámara web mediante la interfaz de usuario en la que se buscan archivos que ayuden en la compatibilidad del dispositivo así como también la instalación de adaptadores de video que son componentes de software compatibles con el dispositivo externo conectado vía USB. Como se muestra en la figura 34 y en el Anexo 1.

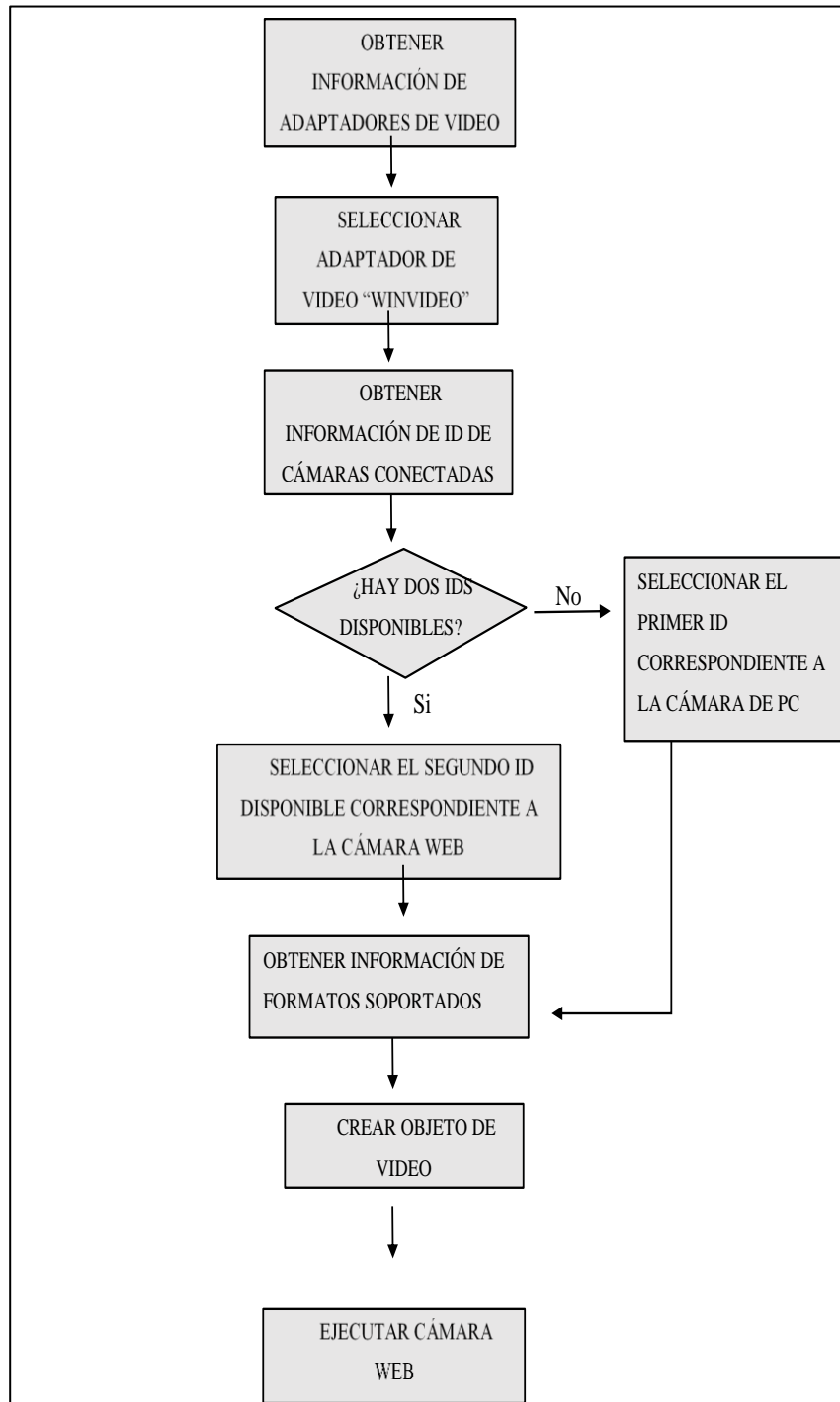
Una vez instalados los paquetes se modifican los parámetros de la cámara para facilitar la adquisición de datos de imagen, se modifican los valores de la resolución de la cámara a 800x600 pixeles con la finalidad de obtener mejores resultados en el procesamiento y no sobrecargar el procesador con trabajo computacional y para que las imágenes tengan mejor calidad con respecto a la resolución por defecto de 640 x 480. Estas propiedades se muestran en el anexo 2



**Figura 34.** Diagrama del proceso de instalación de paquetes en Matlab. Información por investigación directa. Elaborado por el autor.

Posteriormente se usa un algoritmo en el programa para que los datos que se adquieran sean por medio de la cámara web en Matlab junto con su adaptador correspondiente y se visualicen las imágenes dentro del programa, y además se evite el uso de la cámara que podría estar integradas en las computadoras portátiles, como se muestra en la figura 35 y la codificación que se indica en el Anexo 3.

Las pruebas realizadas con la cámara se muestran en el anexo n° 4.1 donde se visualizan los datos obtenidos por la cámara por medio del visor de Matlab.



**Figura 35.** Diagrama del algoritmo de adquisición de datos. Elaboración en Matlab. Elaborado por el autor.



**Figura 36.** Cámara web utilizada como tarjeta de adquisición de datos. Elaborado por el autor.

A continuación se muestran las especificaciones técnicas de la cámara web.

**Tabla 15** Especificaciones técnicas de la cámara

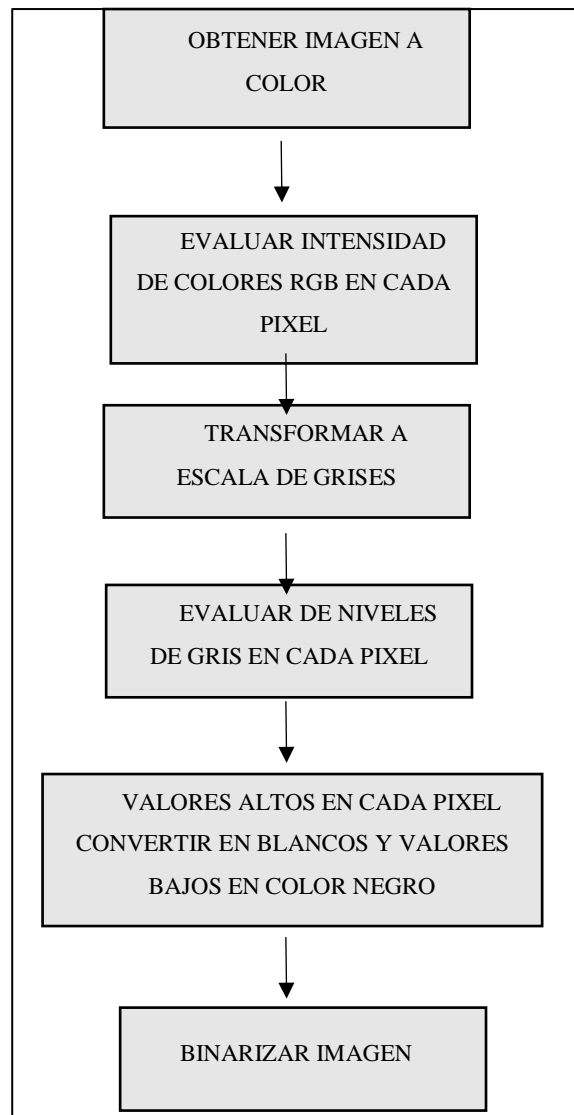
Características	
Tipo de sensor	300k pixeles
Resolución de video	1600x1200
Fotogramas por segundo	15fps hasta 30fps con software
Formatos de video	AVI
Formato de imágenes	JPEG y MBP
Resolución de cámara	12MP

*Información tomada del manual de usuario de la cámara web. Elaborado por el autor*

#### **4.5. Algoritmo de Binarización de imagen para detección de LED.**

Al utilizar una cámara web generalmente se visualizan los datos en color tal como los puede percibir el ojo humano debido a la combinación de colores primarios que hay en cada pixel, para fines prácticos se definió a la luz para que al detectarse active las funciones cursor del mouse del que el usuario desea por medio del puntero LED.

Para el proceso de detección de luz primero se realiza la adquisición de imágenes por medio de la cámara web, posteriormente se transforman las imágenes del formato a color a escala de grises con la función de Matlab `rgb2gray`, en la que la cada pixel que hay es convertido de acuerdo a la intensidad de los colores que posee a la escala grises como se asemeja en la imagen original. A continuación en la figura 37 se muestra un diagrama del algoritmo y en el Anexo n°5.1

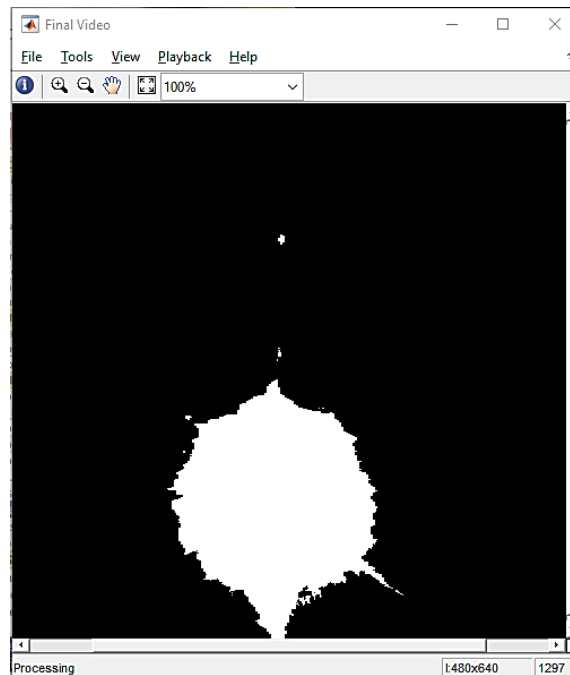


**Figura 37.** Diagrama del proceso de Binarización de imagen. Algoritmo en Matlab. Elaborado por el autor.

Con este proceso se obtiene una imagen de video en grises que no es útil para diferenciar cuando en la imagen hay presencia de luz, para ello es necesario convertir la imagen en la escala de grises a formato binario por medio de la función `im2bw` de Matlab (image to black and white color en inglés), aquí se convierten los pixeles con diferente intensidad de gris obtenidos de la conversión anterior a los colores blanco o negro según como estos colores sean más claros u oscuros correspondientemente, con esta función efectuada es posible visualizar en color blanco solo la presencia de luz y el resto se muestra en color negro, así se hace más fácil detectar los pixeles con altos valores (blancos) causados por la detección del objeto LED.

La detección de luz es indiferente del color del LED, ya que lo que se detecta es la intensidad de la luz producida por la fuente. Además de la detección de luz producida, se

hace el seguimiento del objeto dentro de las coordenadas de la cámara. Como se ve en la figura 38.

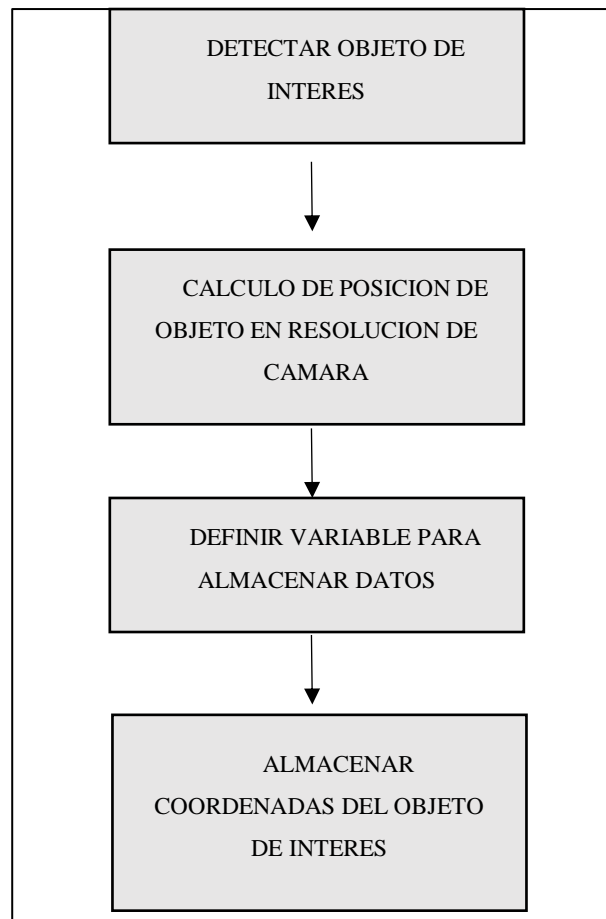


**Figura 38.** Imagen del algoritmo de Binarización para distinción de luz. Imagen obtenida de las pruebas del prototipo. Elaborado por el autor.

#### 4.6. Algoritmo del cálculo del centroide

Es muy común que en el proceso de la detección de LED hayan problemas al detectar un elemento como objeto de interés con un color en particular, ya que el color definido se presenta en más partes de la imagen al haber reflejos en las superficies, esto causa interferencias y falsos positivos en la ejecución del programa y se entorpece su funcionamiento.

Se realiza el cálculo de la posición del objeto de interés mediante la función “centroid” en Matlab, y en esta variable se almacena la ubicación de la luz detectada con respecto de las coordenadas de la resolución de la cámara, esto permite que se asocie el cursor de Windows con la aparición de luz dentro del visor de video en los próximos procesos que se realicen. Como se indica en el diagrama de la figura 39 y en el Anexo 5.2



**Figura 39.** Diagrama del algoritmo del cálculo del centroide. Elaboración en Matlab. Elaborado por el autor.

#### 4.7. Umbralización

Por medio de la umbralización se define un valor para distinguir los objetos que hay en el fondo, cómo en este caso poder identificar la presencia de luz por medio de la cámara dentro del lugar donde se realicen las pruebas, esto se logra gracias a los procesos anteriores de Binarización, se utiliza un valor de umbral de 0.99 ya que al ajustar un valor mayor se hace imposible la detección de luz.

#### 4.8. Algoritmo de controles de cursor de Windows.

Para llevar a cabo la interacción con el cursor de Windows en primera instancia fue necesaria la instalación de librerías de java que permitan asociar la codificación al control del mouse, aunque Matlab no cuenta con estas funciones dentro de su plataforma por defecto puede usar funciones de otros lenguajes de programación.

El objetivo principal para la interacción el mouse es controlar la posición del cursor y activar los botones del mouse a distancia por medio de la detección del LED y las acciones

que se realicen con este elemento. Dentro del lenguaje de java estas funciones son conocidas como “mouseMove” “mousePress” y “mouseRelease”, las cuales sirven para mover la posición del mouse con respecto de las coordenadas que detecta en la cámara, presionar un botón del mouse y liberar el botón del mouse para que este no entorpezca sus funciones, como se especifica correspondientemente en cada una.

Para la ejecución del movimiento del cursor se requieren tomar las coordenadas del puntero LED que se detectan dentro de la cámara web ya que esta es la ubicación real porque se toman los datos de los píxeles de la altura y anchura de la resolución de video mostrada por la tarjeta de adquisición de datos, y esta información se logra obtener por medio de la función “centroid” en Matlab, además se necesita obtener la información de la resolución de la pantalla, que corresponde al número de píxeles totales que hay en la altura y la anchura del monitor, en la que se ejecuta el programa, esto se puede obtener con la función de Matlab “screenSize”, mediante este tipo de información se puede posicionar el cursor en el lugar que se desea, ya que se hace la relación entre la resolución del video obtenido por la cámara y la resolución de la pantalla.

Los demás eventos del cursor del mouse como click izquierdo, click sostenido, y doble click se ejecutarán al detectarse los gestos que deben identificarse por la cámara con el LED y el algoritmo los reconozca lo que permitirá que se conviertan en comandos programados con el puntero. El algoritmo se adjunta en el anexo 6

**Tabla 16.** *Detalle de las acciones del cursor del mouse*

<b>Acciones</b>	<b>Detección de eventos</b>
Click izquierdo y posición	Localización de luz
Doble click	Localización de luz por 2 segundos aproximadamente sobre el mismo lugar
Arrastre	Click izquierdo activado más el movimiento del cursor

*Elaborado por el autor*

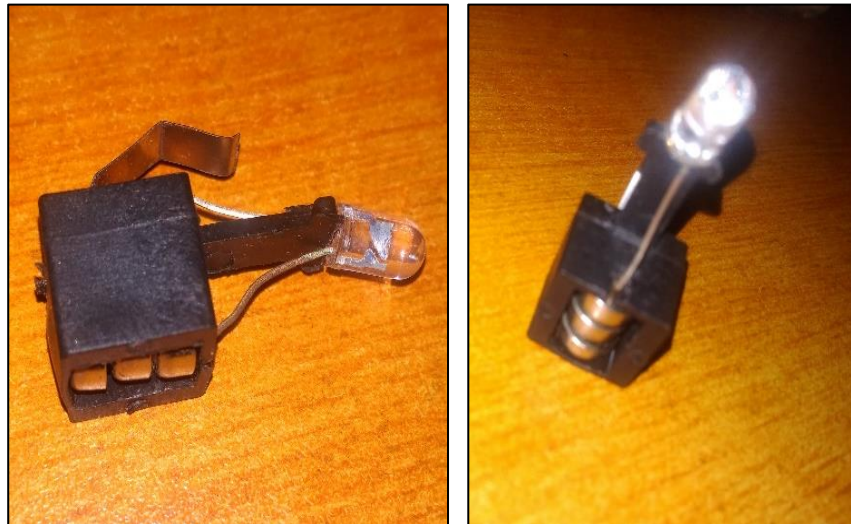
#### **4.9. Elaboración del puntero LED**

Es necesario elaborar un puntero LED sobre todo porque será la herramienta que será utilizada por los docentes y los estudiantes, en este proyecto además servirá para emitir luz y esta sea detectada por la cámara web, y se interactúe con las acciones del cursor del mouse a distancia sin la necesidad de manipular físicamente el computador.



Para la fabricación del prototipo del puntero se tomó el circuito interno de una linterna, donde se reemplazó el LED emisor de luz por un LED emisor de luz infrarroja, debido a las pruebas realizadas con el algoritmo se constataron fallas en la ejecución al utilizar un LED normal, esto se debió a la detección de muchos falsos positivos por parte del programa, ya que se detectaron varias fuentes de luz en el lugar donde se llevaron a cabo los experimentos. Estas fallas ocasionaron problemas en la ejecución al detectarse numerosas interferencias en el ambiente en donde se llevó a cabo, esto impidió que se pudiera manipular la posición del cursor e incluso entorpeció las acciones del cursor al iniciarse cuando no se solicitaban.

El diseño del prototipo del puntero está diseñado para hacer las pruebas correspondientes en la simulación experimental del proyecto, debido a que se utiliza LED infrarrojo para la interacción con el prototipo del proyecto, se requiere hacer modificaciones en la cámara web para la detección de este tipo de luz.



*Figura 40. Prototipo de puntero infrarrojo para pruebas. Elaborado por el autor*

#### **4.10. Elaboración de cámara infrarroja**

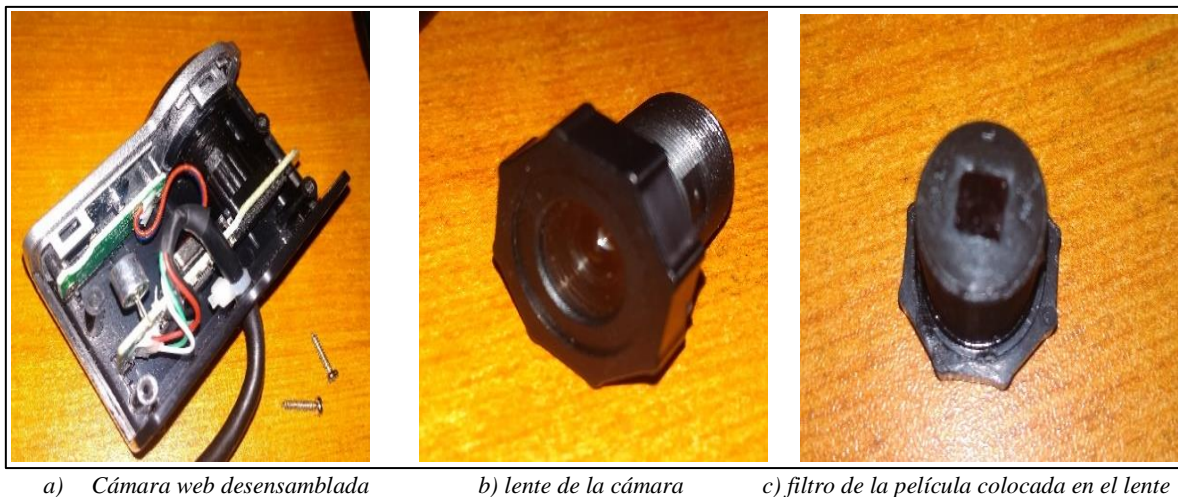
Debido a los problemas suscitados en las pruebas que se realizaron anteriormente el prototipo identificó múltiples falsos positivos aun en un lugar con poca luz, la luminosidad reflejada en las superficies por parte del proyector impidió que se efectúen con éxito las pruebas, también a medida que se alejaba el LED normal de la cámara se notó que se atenuaba la señal, para ello fue necesario elegir luz infrarroja para interactuar con el proyecto.

Lograr identificar la luz del LED infrarrojo se hace muy ineficiente por medio de una cámara web normal, este tipo de luz es muy tenue y a medida que se la aleja de la lente de la cámara no es nada visible, y se vuelve inservible para el desarrollo del prototipo.

La detección de luz infrarroja por medio de una cámara normal se hace muy complicada, e incluso a medida que la fuente de luz se aleja del dispositivo de adquisición de datos se va atenuando hasta desaparecer, por lo que impide la interacción con los usuarios y el sistema.

Para que sea posible detectar este tipo de luz se necesita de una cámara infrarroja la cual filtra la luz que hay en el ambiente en el cual se usa la cámara, el problema es el costo de la adquisición de este tipo de cámaras, sin embargo es posible la modificación de cámaras comunes para que tengan la capacidad de filtrar luz de este tipo.

Para la modificación de la cámara web con la finalidad de convertirla en una cámara infrarroja se la desensambló, posteriormente se reemplazó el filtro interno que usan las cámaras para que las imágenes sean captadas con normalidad por un negativo de una película fotográfica, esto hace que sea visible este tipo de señal por el dispositivo y se puedan realizar las pruebas, para el reemplazo se desacoplo la pieza de vidrio de 4mm x 4mm para con cuidado para evitar cualquier daño en el dispositivo, posteriormente se recortaron 3 piezas de la película fotográfica con esas dimensiones y fueron colocadas en el lugar donde estaba colocado el filtro de vidrio como se puede indica en la figura 41

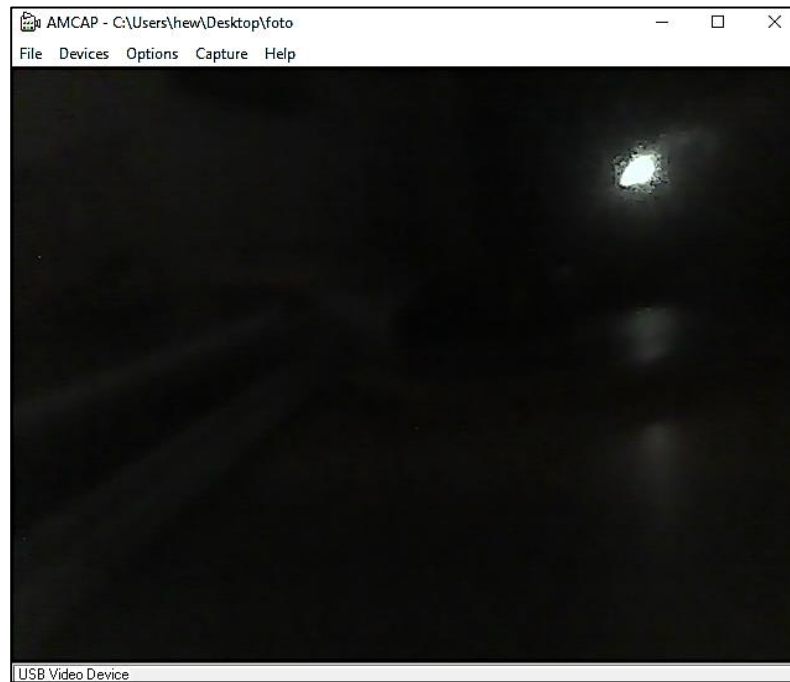


**Figura 41.** Procedimiento para elaboración de cámara IR. Fotos tomadas al modificar la cámara web. Elaborado por el autor

Luego de la modificación del dispositivo se realizaron pruebas al visualizar luz infrarroja captadas por la cámara, como resultado de esto se obtiene que se modifican los colores con que son captados estos datos, es decir que no se muestran imágenes a color, pero para efectos prácticos lo único que se necesita es obtener la información que se muestre sobre

este tipo de luz para llevar a cabo la interacción entre el computador y el usuario al usar el LED IR, la ventaja que se tiene además es que no se atenúa la señal si se aleja el LED IR del lente, este igualmente es detectado por la cámara y puede ser utilizado por el prototipo

Este tipo de cámara hace que la luz artificial no interfiera en el desarrollo del algoritmo y sea más preciso al realizar las simulaciones, sin embargo hay que realizarlas en un lugar con poca luz solar, ya que dentro del espectro de luz también hay luz infrarroja y puede causar interferencias en el programa. En la figura 42 se observa luz infrarroja del led IR.



**Figura 42.** Visualización de luz infrarroja. Imagen captada por la cámara web. Elaborado por el autor.

#### 4.11. Tiempo de ejecución del programa

El prototipo funciona en tiempo real, el programa tiene una velocidad 8 fotogramas por segundo al ejecutarse, con estas características se configurara la duración de la ejecución según la cantidad de fotogramas y no según el tiempo, con estos datos la duración de la ejecución del programa está programada con 116000 fotogramas, en total la ejecución duraría aproximadamente 4 horas, luego de ese tiempo el prototipo se detendrá y se cerrará la aplicación.

#### 4.12. Creación de archivo ejecutable

Se crea un archivo ejecutable (.EXE) con la finalidad de que sea instalado en cualquier computador sin que este tenga instalado dentro de su sistema la plataforma Matlab, esto facilita que se pueda usar en cualquier ordenador y solo ejecute la aplicación para interactuar con el prototipo, en el anexo 7 se muestra el procedimiento.

#### 4.13. Presupuesto.

Los elementos utilizados para el desarrollo del prototipo son accesibles económicamente, y son elementos prácticos que se pueden adquirir en cualquier tienda de electrónica, como la cámara web ya que puede ser de cualquier marca y modelo pero debe cumplir con las características y especificaciones técnicas como los parámetros de los píxeles con los cuales las fotografías son tomadas y la resolución de video que es mostrada por el visor, además se puede elaborar un LED que emita luz infrarroja por adquisición de los componentes por separado y luego ensamblarlos para su funcionamiento o adquirir uno que emitan luz infrarroja por costos económicos, esto es una alternativa para tener acceso al desarrollo e implementación de tecnología de bajo presupuesto, como se especifica en la tabla

**Tabla 17.** Costo aproximado del prototipo

Elementos	Precio
Cámara omega 12mp	\$12.00
Puntero LED	\$3.00
<b>Total</b>	<b>\$15.00</b>

*Información tomada de la adquisición de los componentes. Elaborado por el autor*

#### 4.14. Pruebas realizadas en el diseño del prototipo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada proceso del diseño del prototipo de la aplicación.

##### 4.14.1. Pruebas de adquisición de datos con cámara web.

Inicialmente el prototipo solo utilizaba la cámara que por defecto están instaladas en las laptops, el problema con el algoritmo surgió debido a que no permitió activar la cámara web conectada por cable USB aunque todos los controladores y adaptadores de video estaban instalados. Se necesitó realizar modificaciones en el código para que la comunicación entre el dispositivo y Matlab se efectúe, posteriormente al ejecutar la aplicación la adquisición de imágenes por medio de la cámara web fue exitosa.

Se realizaron pruebas en la ejecución del programa con una resolución de 320x240 en la cual se perdían muchos datos y hacia que sea menos eficiente. También se realizaron pruebas con la resolución más alta de 1600x1200, así la carga computacional se hace alta y hace que sea más trabajoso para la computadora procesar las imágenes. La resolución óptima de la cámara para el funcionamiento es de 800x600, esto se debe a que no hay mucha pérdida en la adquisición de datos y se evita el sobrecargo de trabajo computacional al momento de ejecutarse. En el anexo 4.1 se indican las pruebas con la cámara USB

#### **4.14.2. Pruebas para detección del puntero.**

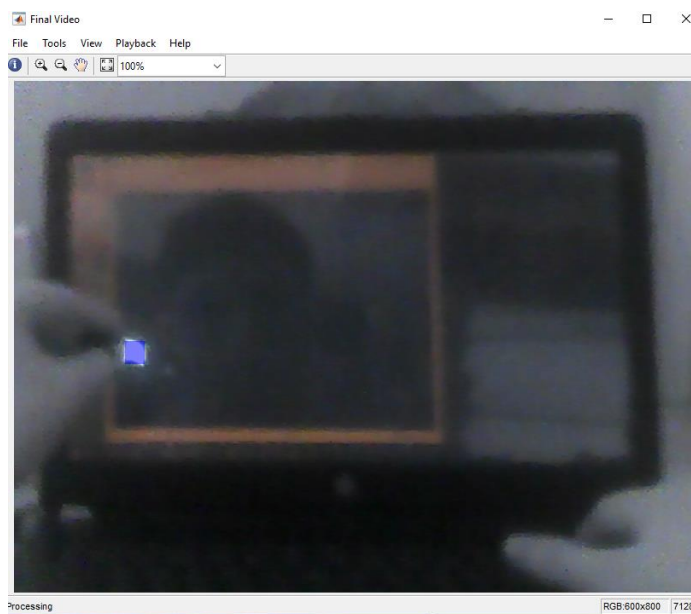
Inicialmente para las pruebas del control del cursor se usó la detección de distintos colores, en los cuales cada color activaba un comando distinto del mouse, elaborar un puntero que emita tres tipos diferentes de luz sería muy complicado por lo que se modificó el código para realizar cada acción con el mismo color, en las simulaciones con el programa se determinó el color rojo como objetivo de detección, sin embargo determinar un color específico causó que el programa detecte muchos objetivos de interés lo que ocasiona falsos positivos.

Para evitar el uso de un color específico se realizó el proceso de Binarización para separar el objeto de interés del fondo de la imagen y detectar la luz al momento de adquirir los datos, ya que al detectar píxeles de color blanco el prototipo lo reconoce como el LED, con estos cambios se tuvieron mejores resultados y más precisión al ejecutar los comandos, se realizó la simulación en un lugar con poca luz para tener mejor eficiencia, a 50cm de distancia aproximadamente, con configuración de la imagen en modo invertido horizontalmente lo que permitió controlarla frente al computador. Sin embargo este tipo de configuración causó que haya interferencias al realizar las simulaciones en un ambiente de luz, como en el caso anterior se presentaron múltiples interferencias por las diversas fuentes de luminosidad, y al realizar una simulación con un proyector fue esta la que causó estas interferencias por la luz reflejada en la pared. Así mismo otro inconveniente se presentó en la detección del LED, a mayor distancia de la cámara la señal se atenúa y no se puede detectar el LED y tampoco realizar ninguna acción con el computador.

Debido a los múltiples problemas presentados en la detección del LED y la interferencia causada por la luz del proyector reflejada en la superficie de la pared y del ambiente se eligió como objeto de interés la detección de luz infrarroja, se hicieron las pruebas con la cámara web en los cuales se detecta el LED infrarrojo al usar la cámara con la configuración normal, pero solo a una distancia máxima de 20cm al aumentar la distancia ya no es posible su detección, al hacer las pruebas por medio del programa, el visor de video de Matlab no detectó ningún píxel de color blanco, por lo tanto no se puede llevar a cabo las simulaciones del prototipo, para ello se debe utilizar una cámara IR que pueda detectar Luz de este tipo. Se realizaron modificaciones en el hardware de la cámara web al remover el filtro del lente que se encuentra en la parte interna de la cámara, el cual es reemplazado por una película fotográfica de las mismas dimensiones correspondientes al filtro de cristal en el lente.

Se logró la detección del LED IR (infrarrojo) al realizar las pruebas con la cámara modificada, incluso la señal no se atenúa al alejar el LED de la cámara. La simulaciones sé

que se llevaron a cabo en un lugar con poca luz fueron favorables, las simulaciones que se realizaron en las aulas de la facultad de ingeniería industrial fueron aceptables, la luz ambiente generada por el proyector y los focos no causaron interferencia en la detección del LED IR, sin embargo la entrada de la luz solar provocó leves interferencias en la ejecución del programa.



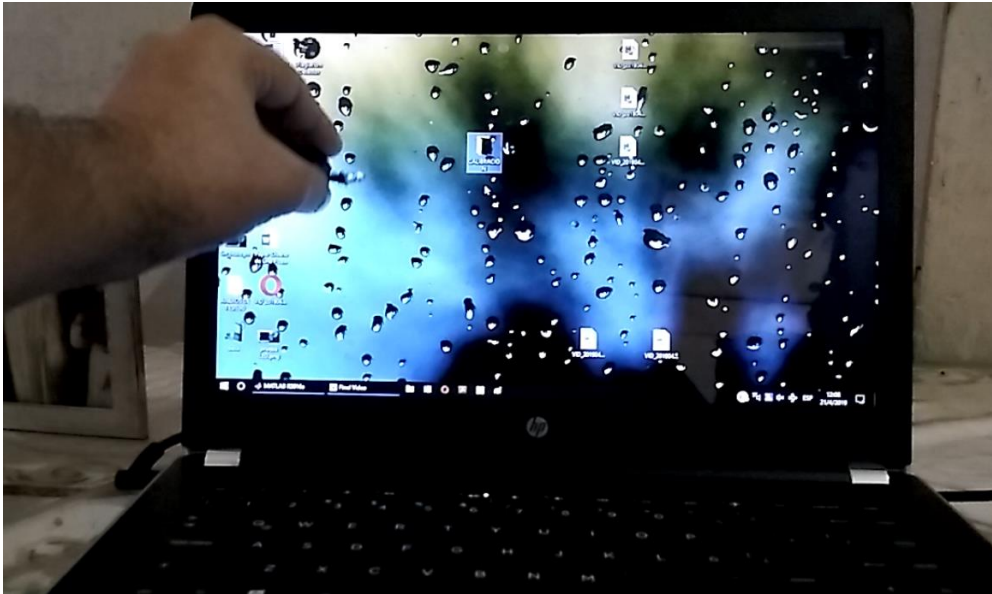
**Figura 43** Pruebas de detección del puntero. Imagen captada por la cámara web. Elaborado por el autor.

#### 4.14.3. Pruebas del control del cursor.

Como se mencionó anteriormente el control de las funciones del cursor del Windows se realizaba mediante la detección de tres colores específicos con los cuales el programa se encargaba de interpretar como comandos, se utilizaba un color para el desplazamiento del cursor, otro color para activar el botón izquierdo del mouse y otro para “doble click”.

Para controlar el cursor con el puntero y activar distintas funciones, se realizaron cambios en el algoritmo con el cual solo se necesita de la detección de un color como en este caso se lo hace con los pixeles blancos detectados en las imágenes por la presencia de luz, con estas modificaciones se logró que al activar el puntero LED se ejecuten los eventos de movimiento de cursor y activar botón izquierdo del mouse, sin embargo hubo dificultades para ejecutar el evento del “doble click”, y “click sostenido”. Para lo cual se realizó un algoritmo como se observa en el Anexo 7, en el cual al detectar el LED por un determinado tiempo active la función de “doble click”, también al momento de detectar el puntero y realizar movimiento mientras se encuentra encendido realiza la función de “click sostenido” para arrastre.





**Figura 44** Pruebas del control del cursor frente al computador. Imagen captada por la cámara web. Elaborado por el autor

**Tabla 18.** Resultados de pruebas realizadas

	Matlab	Cámara	LED
Tiempo de ejecución	3 - 4 horas		
Tiempo de respuesta	15 segundos	2ms	
Velocidad de captura	8fps	30fps	
Fotogramas totales capturados	116000		
Distancia		1 – 2 metros	0 – 4 metros
Valor de umbral			0.98
Área de objeto			50 – 100 pixeles

Información tomada de las pruebas realizadas. Elaborado por el autor

#### 4.15. Conclusiones

El prototipo funciona con cualquier cámara incluso con las cámaras integradas de las computadoras portátiles, sin embargo para realizar el diseño del proyecto se necesita colocar la cámara a una distancia que enfoque toda la zona del pizarrón ya que la cámara integrada del ordenador por su posición no logra enfocar toda la zona, además que se necesita de una cámara IR para llevar a cabo estas simulaciones como se explica más adelante. Se necesitó de algoritmos para la detección de cámaras conectadas al computador en los posteriormente

se les asignó un ID para identificarlos, mediante este procedimiento se identificó a la cámara conectada vía USB con un número identificador equivalente a 2, y así se accede al dispositivo mediante esta entrada donde se obtiene el formato y su resolución de video.

El prototipo detecta la luz generada por el LED infrarrojo, para eso se ejecuta el proceso de Binarización de imagen donde se buscan los pixeles de color blanco que corresponden al objeto de interés, posteriormente utilizara esta información para el control del computador de manera inalámbrica a distancia con la detección del objeto de interés.

Para la detección del LED IR se necesitó modificar la cámara web a una de detección de luz infrarroja, utilizando un como filtro una película fotográfica de 4mm x 4mm que se reemplazó en lugar del filtro original de la cámara. Se constató que no hay mucha pérdida de la señal del LED IR al alejarlo de la cámara, además la luz generada por el proyector no ocasiona interferencias. Al utilizar la luz infrarroja como objeto de detección es posible que haya interferencias debido a la luz del sol, ya que puede causar interferencias y errores en la ejecución del algoritmo de los controles del mouse, por eso es mejor usar este sistema en un lugar donde haya poca luz solar. Además si no se encuentra estática la cámara puede afectar el desempeño del sistema.

Fue posible controlar las acciones del cursor de Windows mediante la librería de java y el desarrollo de un algoritmo que funciona con la detección del objeto en interés, para lo cual en las pruebas iniciales se probó el funcionamiento por medio de tres colores diferentes en los cuales cada color activaba una función específica del mouse, se cambió el algoritmo para la ejecución de las funciones del cursor mediante la detección de un solo color para todos los eventos del cursor, mediante este proceso se podían controlar solo dos funciones simultáneamente que son la activación del botón izquierdo del mouse y la posición del cursor en pantalla. Fue necesario realizar modificaciones en el código para un funcionamiento más eficiente del mouse, en el cual al detectar el puntero LED activa el botón izquierdo. Al no haber presencia del LED IR se desactiva el botón izquierdo, para la función de “doble click” se activa al detectar el puntero LED en la misma posición por dos segundos, además si el algoritmo encuentra que el LED se mueve mientras se encuentra activado el botón izquierdo del mouse, se generara la función de “click sostenido” o “arrastre”.

Para un funcionamiento más preciso en la interacción con la pizarra digital se trató de obtener las coordenadas de las esquinas de la zona de proyección de la pizarra con respecto a la resolución de la cámara, debido a que la cámara obtiene una imagen distorsionada proyectivamente desde el punto donde esta se encuentre situada y no se obtienen las coordenadas precisas de la zona en la que se necesita simular el movimiento del cursor, con



la finalidad de corregir esta distorsión por medio de los datos de las coordenadas capturadas con respecto a la resolución de la cámara y pasarlas a coordenadas de resolución de pantalla del computador, al no tener éxito con este procedimiento fue más factible utilizar el prototipo directamente con la detección del LED IR sin realizar los procedimientos de mapeo de coordenadas de origen de la cámara para posteriormente transformarlas en coordenadas de destino del monitor donde el cursor del mouse se mueve de acuerdo a estas coordenadas de la cámara.

Al utilizar implementos económicos es posible realizar este tipo de innovaciones por medio de la investigación y el uso de plataformas para el desarrollo de aplicaciones que permitan la interacción con elementos de la vida real por medio de tarjetas de adquisición de datos, en el que se pone el uso de la tecnología al alcance de las personas sin necesidad de invertir grandes cantidades de dinero en la adquisición de costosos artefactos.

Se aporta de manera positiva al medio ambiente al no necesitar del uso de marcadores acrílicos, ya que los residuos sólidos como el plástico disminuyen en gran cantidad su volumen desperdicios así como también los residuos tóxicos que quedan en el fieltro por el uso de tinta y sus componentes químicos que afectan el aire y el suelo; también económicamente se beneficia la universidad ya que no invertiría capital en este tipo de insumos que continuamente se utilizan para la impartición de clases y que se convierte en un gasto significativo a largo plazo.

#### **4.16. Recomendaciones**

Para que haya el correcto funcionamiento del prototipo se recomienda posicionar la cámara a un ángulo y distancia en el que se enfoque toda la pizarra ya que de lo contrario habrá problemas en la detección del puntero LED y los comandos que se necesiten realizar no serán posibles ejecutarlos, también la cámara debe estar completamente estática para que cause problemas en el funcionamiento al usar la detección e interpretación de instrucciones con el puntero al computador.

Para evitar interferencias por la detección de la luz del sol es recomendable usar el prototipo en un lugar donde no se refleje la luz solar, ya que la luz que se refleja en una superficie es detectada por la cámara y es interpretada como comandos para el computador, la zona donde se trabaje con el prototipo no debe reflejar luz solar.

Se puede mejorar el algoritmo para la detección del puntero LED, en caso de que la cámara detecte más objetos de interés en una zona en concreto se recomendaría utilizar algoritmos para eliminación de interferencias, donde se establezcan rangos de valores de

áreas que no correspondan al objeto de interés, en donde al detectarse áreas que no cumplan con la condición del objeto de interés simplemente no se ejecutaran las acciones del cursor de Windows.

Es recomendable la investigación para desarrollar el proceso de calibración de la cámara en que se utilicen métodos de corrección de distorsión proyectiva, con la finalidad de que haya más precisión al momento de la detección y ejecución del prototipo, ya que la cámara web capta la imagen del pizarrón acrílico con respecto a la ubicación en donde este, lo que hará que el proyecto sea más factible de elaborar, ya que se necesitan las coordenadas del pizarrón desde el dispositivo donde es adquirida la imagen para ejecutar los comandos del cursor de Windows de acuerdo a estas coordenadas adquiridas y corregidas simultáneamente.

**ANEXOS**

Anexo 1

Proceso De Instalación de Paquetes en Matlab

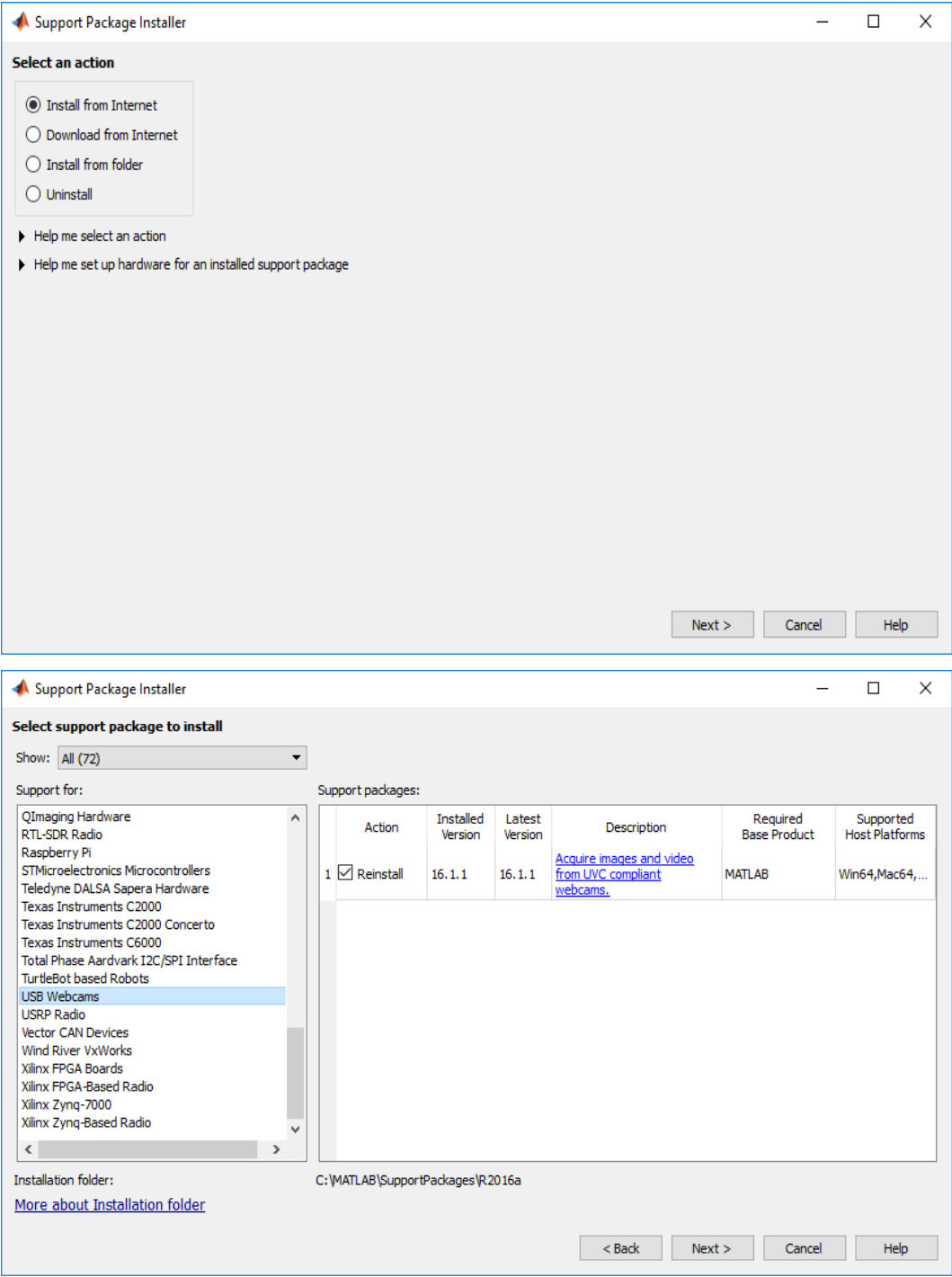


Imagen obtenida del proceso de instalación de paquetes. Elaborado por el autor.

## Anexo 2

### Ventana de comandos para visualizar propiedades cámara

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

>> cam = webcamlist
cam =
    'HP TrueVision HD Camera'
    'USB Video Device'
fx >>
```

```
>> cam = webcam(2)
cam =
    webcam with properties:

        Name: 'USB Video Device'
    Resolution: '640x480'
AvailableResolutions: {'640x480' '352x288' '320x240' '176x144' '160x120' '800x600' '1024x768' '1280x960' '1600x1200'}
    Brightness: 128
    Saturation: 62
    Sharpness: 15
    Gamma: 29
    BacklightCompensation: 1
        Hue: 0
    Contrast: 67
>> preview(cam)
fx >>
```

*Imagen obtenida del proceso de visualización de propiedades de cámara.. Elaborado por el autor.*

**Anexo 3****Código para Adquisición de Datos**

```
cam = imaqhwinfo; %info de los adaptadores instalados/matlabV/toolbox
cameraName = char(cam.InstalledAdaptors(end)); %winvideo
cameraInfo = imaqhwinfo(cameraName); %donde esta instalado el adaptor/video

cameraId = cameraInfo.DeviceInfo(end).DeviceID; %cameraID=2
cameraFormat = char(cameraInfo.DeviceInfo(end).SupportedFormats(end));

vidDevice = imaq.VideoDevice(cameraName, cameraId, cameraFormat, ...
    'ReturnedColorSpace', 'RGB');

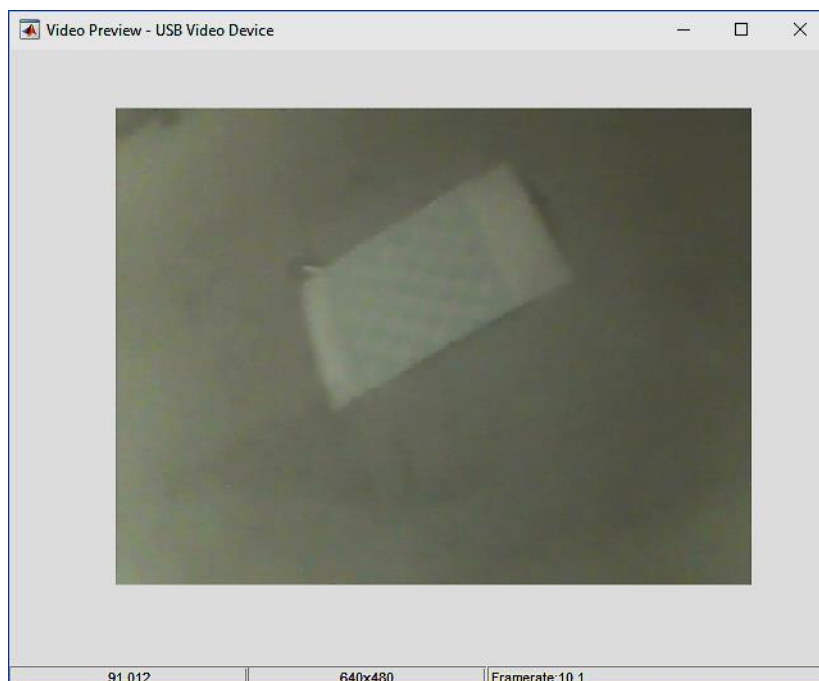
vidInfo = imaqhwinfo(vidDevice);
screenSize = get(0, 'ScreenSize');
```

*Imagen obtenida del proceso de instalación de paquetes. Elaborado por el autor.*

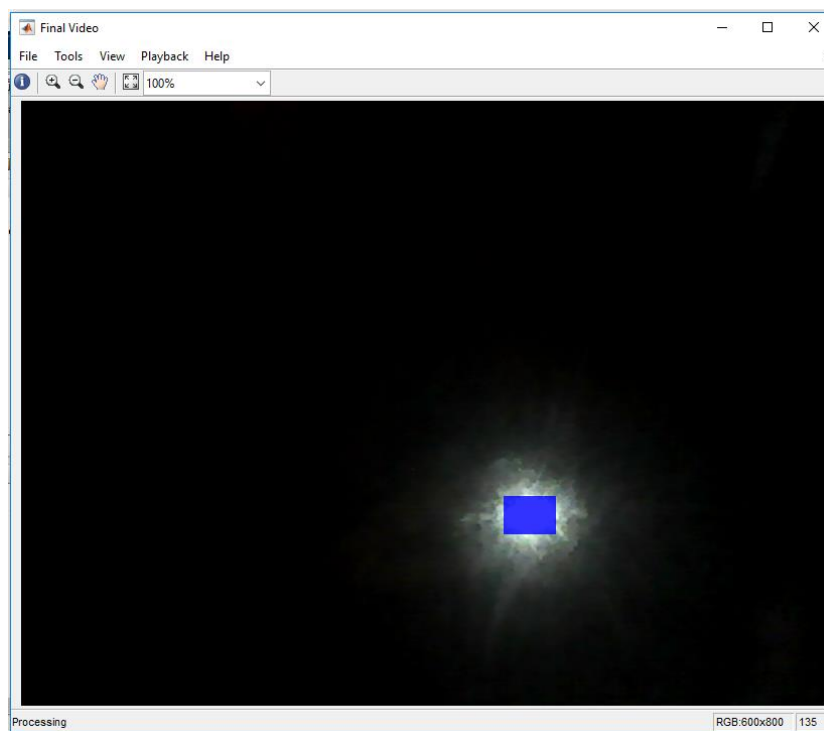
## Anexo 4

### Pruebas de visualización de cámara por visor de Matlab.

#### 4.1. Visualización de cámara USB



#### 4.2. Detección de objeto de interés



*Imagen obtenida de las pruebas con la cámara web. Elaborado por el autor.*

## Anexo 5

### Algoritmo para procesamiento de imágenes

#### 5.1. Algoritmo para Binarización de imagen

```

while (nFrame < numFrame)
    rgbFrame = step(vidDevice); %Visualizacion de imagen a color
    rgbFrame = flipdim(rgbFrame,2);%vizualizacion de imagen volteada horizontalmente con valor 2
    %para realizacion de pruebas, Usar 4 para visualizacion normal

    diffFrameBlue = rgb2gray(rgbFrame); %evaluacion y transformacion de pixeles a grises
    binFrameBlue = im2bw(diffFrameBlue, grayThresh); % Transformacion de pixeles a grises a binarios

```

#### 5.2. Algoritmo para calculo de centroide

```

hblob = vision.BlobAnalysis('AreaOutputPort', false, ...
    'CentroidOutputPort', true, ...
    'BoundingBoxOutputPort', true, ...
    'MaximumBlobArea', 100, ...
    'MinimumBlobArea', 50, ...
    'MaximumCount', 3);

[centroidBlue, bboxBlue] = step(hblob, binFrameBlue); %centroide azul

```

*Imagen obtenida del código fuente en la plataforma Matlab. Elaborado por el autor.*



## Anexo 6

### Algoritmo para activación de funciones del cursor de Windows

```

if ~isempty(bboxBlue(:,2)) % CONDICIONAL PARA EJECUCION BTN IZQ
    jRobot.mousePress(16); %ACTIVAR BTN IZQ DEL MOUSE
    pause(0.1);
else
    if isempty(bboxBlue(:,1)) %CONDICIONAL PARA EJECUCION
        jRobot.mouseRelease(16); %DESACTIVAR BTN IZQ DEL MOUSE
        pause(0.1);
    end
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if ~isempty(bboxBlue(:,1))
    dCount = dCount + 1;
    if dCount == 2 %sureEvent % CONDICION DEL EVENTO DE DOBLE CLICK
        jRobot.mousePress(16); % ACTIVAR BTN IZQ DEL MOUSE
        pause(0.1); %%%%%%%%%
        jRobot.mouseRelease(16); %DESACTIVAR BTN IZQ DEL MOUSE
        pause(0.2);
        jRobot.mousePress(16) ; %ACTIVAR BTN IZQ DEL MOUSE
        pause(0.1);
        jRobot.mouseRelease(16); %DESACTIVAR BTN IZQ DEL MOUSE
    end
else dCount = 0;
end

```

*Imagen obtenida del código fuente en la plataforma Matlab. Elaborado por el autor.*

## Anexo 7

### Proceso de empaquetamiento para archivo ejecutable (:EXE)

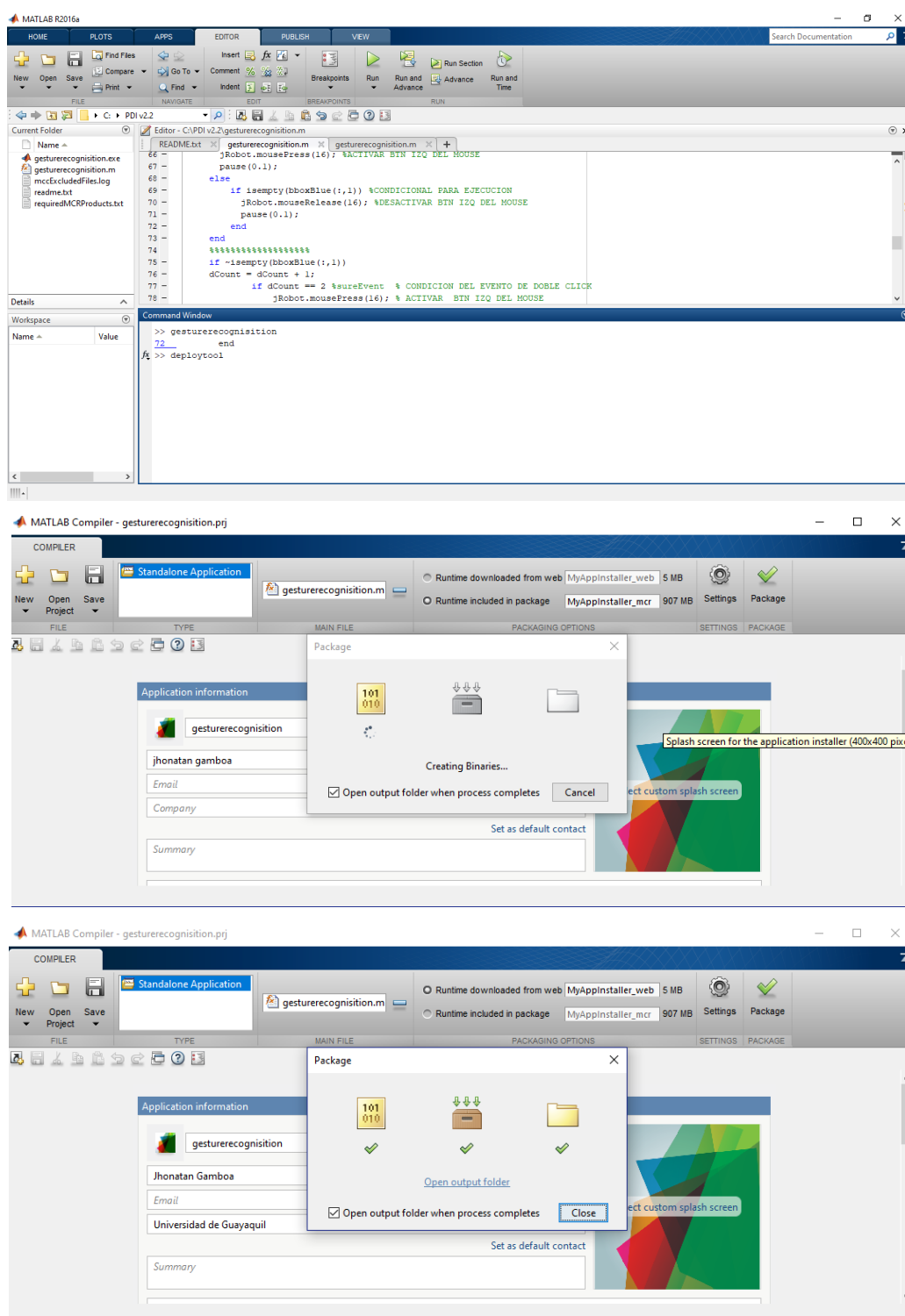


Imagen obtenida del procedimiento en Matlab. Elaborado por el autor.

## Anexo 8

## Preguntas de la Encuesta Realizadas a los docentes de la Carrera.

Escala	No.	AFIRMACIONES	Totalmente de Acuerdo	de Acuerdo	Dudoso	En Desacuerdo	Totalmente en Desacuerdo
			5	4	3	2	1
		5 Totalmente De Acuerdo					
		4 De Acuerdo					
		3 Dudoso					
		2 En Desacuerdo					
		1 Totalmente En Desacuerdo					
	1	¿Ud. estaría dispuesto a utilizar una pizarra interactiva para impartir clases?					
	2	¿Esta Ud. de acuerdo en la facultad implemente una pizarra interactiva?					
	3	¿Ud. piensa que una pizarra interactiva optimizaría el tiempo del docente en impartir las clases?					
	4	¿Ud. Cree que una pizarra interactiva es un material más practico que marcadores, borrador de pizarra?					
	5	¿Ud. Considera que una pizarra interactiva ayudaría en evitar los problemas ecológicos (disminución de desechos de marcadores y papel) de la facultad?					
	6	¿Ud. cree que al implementar una pizarra interactiva ayuda a aprovechar los recursos tecnológicos que posee la facultad de manera óptima y eficaz?					

---

7        ¿Ud. opina que una pizarra interactiva  
instalada en todas las aulas seria de ayuda en los  
presupuestos futuros de la carrera de Ing. en  
teleinformática?

8        ¿Actualmente todas aulas de la carrera de  
Ing. en Teleinformática cuentan con  
proyectores?

9        ¿Actualmente todos los proyectores de las  
aulas de la carrera de Ing. en Teleinformática se  
encuentran en buen estado?

---

10. ¿Cuántos materiales Ud. gasta o utiliza para impartir sus clases mensualmente? Por  
favor especifique la cantidad de marcadores y borradores que se usa mensualmente

---

2 -5 marcadores

---

5 – 10 marcadores

---

10 o más marcadores

---

Otros \_\_\_\_\_

## Bibliografía

Aguirre, G. P. (2007). Libro. *Química I. Un Enfoque Constructivista, Volumen I*. Pearson Educación. <https://books.google.com.ec/books?isbn=9702607426>

Álvarez, L., & Acosta, D. (2016). *Proyecto de grado. Diseño de un modelo de logística Inversa para la recuperación y aprovechamiento de los marcadores y acrílicos en la Institución educativa Pontificia Universidad Javeriana Cali*. [http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/8077/Diseño\\_modelo\\_logistica\\_inversa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/8077/Diseño_modelo_logistica_inversa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ambiente, M. d. (s.f.). Página web. *Ambiente. Obtenido de ambiente:* <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

Arreola, N., Vega, K., Bernal, G., Trujillo, A., Jaimes, I., LuisReyes, . . . Caballero, M. (17 de Junio de 2015). Página web. *Campaña plumón ecológico. Obtenido de blogspot:* <http://ugmindustrialds1802.blogspot.com/2015/06/campana-plumon-ecoplus.html>

Cates, A. (01 de Febrero de 2018). Página web. *¿Cuáles son los componentes de un marcador Sharpie?* <https://www.geniolandia.com/13091802/cuales-son-los-componentes-de-un-marcador-sharpie>

Del Real, J. (13 de Junio de 2018). Página web. *10 datos importantes de la contaminación por plástico.* <https://www.expoknews.com/10-datos-importantes-de-la-contaminacion-por-plastico/>

Escobar, B. G. (20 de Mayo de 2016). Página web. *La Pizarra.* <https://es.slideshare.net/BryanGabBeniEsc/la-pizarra-62233222>

España, U. (22 de Mayo de 2014). Revista. *La tiza en el aula aumenta el riesgo de infecciones respiratorias:* <http://noticias.universia.es/en-portada/noticia/2014/05/22/1097227/tiza-aula-aumenta-riesgo-infecciones-respiratorias.html>

Gonzales&Wood. (2007).PDF. *Procesamiento Digital de Imágenes.* [http://www2.elo.utfsm.cl/~elo328/PDI13\\_Color.pdf](http://www2.elo.utfsm.cl/~elo328/PDI13_Color.pdf)

Karim, N., Touhidul, M., & Shahidul, I. (2017). *Design of an interactive smart board using kinect sensor.* <http://dSPACE.bracu.ac.bd/xmlui/handle/10361/8897>

Lee, J. (7 de 12 de 2007).Página web. *Wii.* <http://johnnylee.net/projects/wii/>

Mathworks. (s.f.).Página web. *MATLAB para procesamiento de imágenes y visión artificial.* <https://la.mathworks.com/solutions/image-video-processing.html>

Mathworks. (s.f.).Página web. *Gesture Control of PC using Colored Finger Gesture [Report+code]* <https://www.colorsglobal.com/2017/03/matlab-project-code-gesture-control-of-pc.html>

Mathworks. (s.f.).Página web. *Centroid.* [https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/polyshape.centroid.html?s\\_tid=srchtitle](https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/polyshape.centroid.html?s_tid=srchtitle)

Mathworks. (s.f.).Página web. *Virtual Mouse: Mouse Pointer Control using Color Detection*.

<https://la.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/42943-virtual-mouse-mouse-pointer-control-using-color-detection>

Mathworks. (s.f.).Página web. *Computer Vision for Student Competitions: Object Detection using Blob Analysis*.

<https://la.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/53333-computer-vision-for-student-competitions-object-detection-using-blob-analysis>

Minolta, K. (s.f.). Página web. *Luminancia vs. Iluminancia*.  
<http://sensing.konicaminolta.com.mx/2016/06/luminancia-vs-iluminancia/>

Oscar Möller, J. W. (2011). Artículo. *Mecánica Computacional Vol. XXX. Asociación Argentina de Mecánica Computacional*, 21.  
[https://www.academia.edu/3426097/Mecánica\\_Computacional\\_Volume\\_XXVIII.\\_Number\\_12.\\_Material\\_Failure\\_and\\_Damage\\_B](https://www.academia.edu/3426097/Mecánica_Computacional_Volume_XXVIII._Number_12._Material_Failure_and_Damage_B)

Miranda, L. (15 de agosto de 2014). Revista. *Microsoft convierte webcams en pequeños Kinects con un simple hackeo*. <https://www.fayerwayer.com/2014/08/microsoft-convierte-webcams-en-pequenos-kinects-con-un-simple-hackeo/>

Pérez, J., & Gardey, A. (2013). Página web. *Polución*. <https://definicion.de/polucion/>

Salgado, F. (15 de Diciembre de 2014). Artículo. *Historia de las pizarras interactivas*. <https://prezi.com/9vtgzujlw4g/historia-de-las-pizarras-interactivas/>

Sturm, C. (02 de Marzo de 2012). Revista. *El origen de la pizarra blanca*: <https://www.fayerwayer.com/2012/03/el-origen-de-la-pizarra-blanca/>

Telecomunicaciones, M. d. (2014). Página web. *Conectividad Escolar*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/conectividad-escolar/>