

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Licenciatura en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación



**Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre-Máquina.**

Tesis de Licenciatura

Sergio Danilo Pérez Martínez

Guatemala, noviembre de 2022

**Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente  
Virtual para la Interacción Hombre-Máquina.**

Tesis de Licenciatura

Sergio Danilo Pérez Martínez (000026710)

Ing. Carmen Fabiola Morales Pérez (**Asesora**)

Lcda. María de los Angeles Martínez Yac (**Revisora**)

Guatemala, noviembre de 2022

**Autoridades de la Universidad Panamericana**

**M.Th Mynor Augusto Herrera Lemus**

Rector

**Dra. Hc. Alba Aracely de Gonzáles**

Vicerrectora Académica

**M.A. César Augusto Custodio Cobar**

Vicerrector Administrativo

**EMBA. Adolfo Noguera Bosque**

Secretario General

**Autoridades de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**

**Ing. César Augusto Cuevas Guerra M. Sc MBA**

Decano

**M.A Licda. Mónica Lissette Alcázar Serralde**

Coordinadora

## **Carta de Responsabilidad de Derechos de Autor**

En la ciudad de Guatemala en el departamento y municipio de Guatemala

a los 10 días del mes de noviembre de 2021

Por medio de la presente YO Sergio Danilo Pérez Martínez y en lo sucesivo “LA PERSONA AUTORA” hago constar que soy el único titular intelectual de la obra denominada “Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre – Máquina”, en lo sucesivo “LA OBRA”, en virtud de lo cual autorizo Universidad Panamericana de Guatemala, “EL ORGANISMO” para que efectúe resguardo físico y/o electrónico mediante copia digital e impresa con la finalidad de garantizar su disponibilidad, divulgación, comunicación pública, distribución, transmisión, reproducción, así como digitalización de la misma sin fines de lucro y con el objetivo de divulgarla.

“LA PERSONA AUTORA” autoriza a “EL ORGANISMO” y/o a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la mencionada casa de estudios “LA OBRA” de forma exclusiva en los términos y condiciones aquí expresados, sin que ello implique que se le concede licencia o autorización alguna o algún tipo de derecho distinto al mencionado respecto a la “propiedad intelectual” de la misma obra; incluyendo todo tipo de derechos patrimoniales sobre obras y creaciones protegidas por derechos de autor y demás formas de propiedad industrial o intelectual reconocida o que lleguen a reconocer las leyes correspondientes.

Al reutilizar, reproducir, transmitir y/o distribuir “LA OBRA” se debe reconocer y dar crédito de autoría de la obra intelectual en los términos especificados por el autor, y el no hacerlo implica el término de uso de esta licencia para los fines estipulados. Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos patrimoniales y morales de “LAPERSONA AUTORA”.

De la misma manera, se hace manifiesto que el contenido artístico y/o intelectual de cualquier parte de “LA OBRA” son responsabilidad de “LA PERSONA AUTORA”, por lo que se deslinda a “EL ORGANISMO” por cualquier violación a los derechos de autora o autor, de acuerdo con lo establecido en la Ley Guatemalteca y/o tratados internacionales, así como cualquier responsabilidad relacionada con la misma frente a terceros.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the name.

Sergio Danilo Pérez Martínez



UNIVERSIDAD  
PANAMERICANA

"Sabiduría ante todo, adquiere sabiduría"

Guatemala, 29 de noviembre de 2022

Ref. FICA-PF-097/2022

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

De acuerdo con el dictamen rendido por la Ingeniera Carmen Fabiola Morales Pérez, asesora de la tesis denominada **Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre – Máquina**, presentado por el estudiante Sergio Danilo Pérez Martínez quien se identifica con ID 000026710 y, la aprobación de la Evaluación de Competencias Profesionales (ECP), según consta en el Acta No. 035 - 2022, de fecha 26 de mayo de 2,022; por lo tanto, se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN**, previo a conferirle el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación.



*Ing. César Augusto Cuevas Guerra*  
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas



**M. Sc., MBA Ing. César Augusto Cuevas Guerra**

**Decano**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**

Guatemala, 29 de noviembre de 2,022

Ref. FICA-097/2022

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

Por este medio hago constar que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de Información y la Comunicación, el estudiante, **Sergio Danilo Pérez Martínez** quien se identifica con ID **000026710**, ha desarrollado el Proyecto de Egreso denominado **"Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre – Máquina"**.

Aunado a ello, posterior a la lectura del informe de Licenciatura, se hace constar que el trabajo realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En calidad de Decano de Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



*Ing. César Augusto Cuevas Guerra*  
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas



**M. Sc., MBA Ing. César Augusto Cuevas Guerra**

**Decano**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**



Guatemala, 29 de noviembre de 2,022

Ref. FICA-PF-096/2022

### DICTAMEN DEL ASESOR DE TESIS

**Nombre del estudiante:** Pérez Martínez, Sergio Danilo

**Título de la tesis:** Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre – Máquina.

**Asesora de la tesis:** Ing. Carmen Fabiola Morales Pérez

Considerando,

**Primero:** Que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación el estudiante, Sergio Danilo Pérez Martínez quien se identifica con ID 000026710, ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado **“Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre – Máquina”**.

**Segundo:** Que la profesional Ing. Carmen Fabiola Morales Pérez, ha leído el informe de tesis donde consta que el trabajo de tesis realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En su calidad de asesora del proyecto de tesis se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.

Ing. Carmen Fabiola Morales Pérez  
Asesora de Tesis



Ing. César Augusto Cuevas Guerra  
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

M. Sc., MBA César Augusto Cuevas Guerra  
Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas





Guatemala, 29 de noviembre de 2022

### DICTAMEN DEL REVISOR DE FORMA DE LICENCIATURA

**Nombre del estudiante:** Sergio Danilo Pérez Martínez

**Título de la Tesis:** Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre – Máquina.

**Revisora de forma de Tesis:** Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores

#### Considerando,

**Primero:** Que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación, el estudiante **Sergio Danilo Pérez Martínez** quien se identifica con ID 000026710, ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado “**Creación de un Robot Social que Simula Emociones Básicas Humanas con un Asistente Virtual para la Interacción Hombre – Máquina**”.

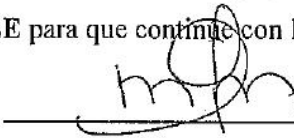

**Segundo:** Que he leído el trabajo de Tesis, donde consta que el estudiante en mención realizó el proyecto investigativo de egreso atendiendo a un método y técnicas propias de esta modalidad académica.

**Tercer:** Que ha realizado todas las correcciones de redacción y estilo que le fueron planteadas en su oportunidad.

**Cuarto:** Que dicho trabajo reúne las calidades necesarias de un trabajo de licenciatura.

#### Por tanto,

En su calidad de revisora de forma del proyecto de Tesis de licenciatura se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.

  
  
*Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores*  
*Revisora Metodológica de Licenciatura*

## Tabla de Contenidos

Lista de Tablas.....	xiv
Lista de Gráficos.....	xiv
Lista de Figuras .....	xiv
Resumen .....	xvi
Abstract.....	xvii
Introducción.....	1
<b>Capítulo I.....</b>	<b>2</b>
Marco Contextual .....	2
<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Planteamiento del Problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Importancia de la Aplicación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<i>1.5.1 Objetivo General .....</i>	<i>5</i>
<i>1.5.2 Objetivos Específicos .....</i>	<i>5</i>
<b>1.6 Alcances y Límites .....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo II.....</b>	<b>7</b>
Marco Teórico.....	7
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Emociones Humanas .....</b>	<b>8</b>
<i>2.2.1 Emociones Básicas Humanas .....</i>	<i>9</i>

2.2.2 <i>Expresiones Faciales</i> .....	9
2.2.3 <i>Robots Emocionales</i> .....	10
<b>2.3. Interacción Hombre - Máquina</b> .....	11
2.3.1 <i>Objetivos de la Interacción Hombre - Máquina</i> .....	11
2.3.2 <i>Disciplinas de la Interacción Hombre - Máquina</i> .....	11
<b>2.4. Robots Sociales</b> .....	12
2.4.1 <i>Usos de los Robots Sociales</i> .....	12
<b>2.5. Inteligencia Artificial</b> .....	13
2.5.1 <i>Asistentes Virtuales</i> .....	14
2.5.2 <i>Interacción por Voz con un Asistente Virtual</i> .....	15
2.5.3 <i>Los Servicios que Puede Ofrecer un Asistente Virtual Personal</i> .....	15
2.5.4 <i>OpenCV</i> .....	15
<b>2.6. Microcontroladores y Ordenadores de Placa Reducida</b> .....	16
2.6.1 <i>Arduino</i> .....	19
2.6.4 <i>Raspberry PI 3 modelo B</i> .....	22
Capítulo III .....	23
Marco Metodológico .....	23
<b>3.1. Tipo de Investigación</b> .....	23
<b>3.2. Sujetos de Investigación</b> .....	23
<b>3.3. Procedimiento</b> .....	23
<b>3.4. Universo / Población</b> .....	24
<b>3.5. Muestra</b> .....	24
<b>3.6. Plan de Recolección de Datos</b> .....	24
<b>3.7. Validez y Confiabilidad</b> .....	25

<b>3.8. Metodología de Desarrollo del Aplicativo</b> .....	25
<b>3.8.1 Definición de Requerimientos del Producto</b> .....	26
<b>3.8.1.1 Requerimientos Funcionales.</b> A continuación, se detallan los requisitos funcionales que deberá de poseer el robot social. ....	27
<b>3.8.2 Equipos de Trabajo y Roles</b> .....	27
<b>3.8.3 Planificación del Sprint</b> .....	27
<b>3.8.5 Revisión del Sprint</b> .....	28
<b>3.8.6 Producto</b> .....	28
Capítulo IV .....	29
Resultados de la Investigación .....	29
<b>4.1. Presentación de Resultados</b> .....	29
<b>4.2. Desarrollo de la Aplicación</b> .....	31
<b>4.2.1 Fases del Desarrollo</b> .....	31
<b>4.2.1.1 Análisis</b> .....	33
<b>4.2.1.2 Situación Actual</b> .....	33
<b>4.2.1.3 Situación Optimizada</b> .....	33
<b>4.2.3 Desarrollo</b> .....	35
<b>4.2.3.1 Arquitectura de Hardware</b> .....	35
<b>4.2.3.2 Arquitectura de Software</b> .....	37
Capítulo V .....	38
Discusión y Análisis de Resultados .....	38
<b>5.1. Discusión de Resultados</b> .....	38
<b>5.1.1 Valora la Importancia que Tiene el Dotar a los Robots Sociales con las Siguietes Funciones para Lograr una Mejor Interacción Hombre - Máquina</b> .....	38

5.1.2 Valora la Importancia que Tiene el Dotar a los Robots Sociales con las Siguietes Características para Lograr una Mejor Interacción Hombre - Máquina.....	38
5.1.3 Valora la Importancia que Tiene el Dotar a los Robots Sociales con las Siguietes Tecnologías .....	39
5.1.4 ¿Qué Apariencia Crees que Debería de Tener un Robot Social para Generar Sensaciones de Hospitalidad y Amabilidad? .....	39
5.1.5 ¿Cuál Crees que es la Mejor Manera de Controlar un Robot Social para que la Interacción Hombre - Máquina sea más Cómoda? .....	40
5.2. Utilidad de la Aplicación.....	40
5.2.1 Simulador de Alegría .....	40
5.2.2 Simulador de Tristeza .....	41
5.2.3 Simulador de Miedo.....	42
5.2.4 Simulador de Disgusto .....	43
5.2.5 Simulador de Enfado .....	45
5.2.6 Simulador de Sorpresa .....	46
5.2.8 Simulación Mediante Reconocimiento de Emociones .....	47
Capítulo VI .....	49
Conclusiones y Recomendaciones .....	49
6.1 Conclusiones.....	49
6.2 Recomendaciones .....	50
Referencias .....	51
Anexos.....	53
<b>Anexo A. Plantilla de Historias de Usuario.....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo B. Sección Criterios de Aceptación .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo C. Medición para el Avance del Proyecto.....</b>	<b>54</b>

<b>Anexo D. Esquema Circuito Electrónico.....</b>	<b>55</b>
---	-----------

### **Lista de Tablas**

Tabla No 1. Cronograma de documentación.....	34
Tabla No 2. Cronograma de proyecto.....	34

### **Lista de Gráficos**

Grafica No. 1. Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes características para lograr una mejor interacción hombre-maquina.....	29
Grafica No. 2. Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes tecnologías.....	29
Grafica No. 3. ¿Qué apariencia crees que debería de tener un robot social para generar sensaciones de hospitalidad y amabilidad?.....	30
Grafica No. 4. ¿Cree usted que los contratos inteligentes pueden llegar a sustituir totalmente la manera que se realiza contrataciones en el Estado?.....	30
Grafica No. 5. ¿Cuál crees que es la mejor manera de controlar un robot social para que la interacción hombre-maquina sea más cómoda?.....	31

### **Lista de Figuras**

Figura No 1.....	16
Figura No 2.....	18
Figura No 3.....	18
Figura No 4.....	21

Figura No 5.....	22
Figura No 6.....	24
Figura No 7.....	36
Figura No 8.....	32
Figura No 9.....	36
Figura No 10.....	37
Figura No 11.....	41
Figura No 12.....	42
Figura No 13.....	43
Figura No 14.....	44
Figura No 15.....	45
Figura No 16.....	46
Figura No 17.....	47
Figura No 18.....	48

## Resumen

El proyecto de tesis a presentar da a conocer la creación de un robot social capaz de simular emociones básicas humanas como la alegría, tristeza, miedo, enojo, disgusto y sorpresa para lograr una mejor satisfacción en la interacción entre hombre-máquina. En el desarrollo del proyecto se abordaron puntos importantes como el uso de la inteligencia artificial utilizada en este tipo de robots, y como ésta puede mejorar las funcionalidades y manera en que interactúan con los usuarios.

El objetivo principal del proyecto fue utilizar la inteligencia artificial y diferentes tecnologías como mecanismos eléctricos y plataformas en la nube para lograr que un robot social pudiese interactuar y simular emociones básicas humanas con el fin de mostrar como éstas permitieron mejorar la experiencia y tener mayor naturalidad interactuando con esta clase de robots. El método de investigación utilizado para documentar la recolección, desarrollo e implementación del proyecto de Tesis fue mixto, el cual combina la investigación cualitativa y cuantitativa con la finalidad de obtener un enfoque amplio.

De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que los diferentes mecanismos utilizados para el movimiento del robot social son características muy importantes que ayudan a que la interacción entre hombre-máquina sea más natural y genere mejores experiencias. La creación de algoritmos capaces de manipular los diferentes dispositivos electrónicos permite activar con facilidad las simulaciones.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, reconocimiento de emociones, simulación de emociones, plataformas en la nube, interacción hombre-maquina, robot social.



## **Abstract**

The thesis project to be presented reveals the creation of a social robot capable of simulating basic human emotions such as joy, sadness, fear, anger, disgust, and surprise to achieve better satisfaction in the human-machine interaction. In the development of the project, important points were addressed, such as the use of artificial intelligence used in this type of robots, and how it can improve the functionalities and the way in which they interact with users.

The main objective of the project was to use artificial intelligence, different technologies such as electrical mechanisms and cloud platforms to enable a social robot to interact and simulate basic human emotions to show how these allowed to improve the experience and have a more natural interaction. with this class of robots. The research method used to document the collection, development and implementation of the Thesis project was mixed, which combines qualitative and quantitative research to obtain a broad approach.

According to the analysis conducted, it's concluded that the different mechanisms used for the movement of the social robot are particularly important characteristics that help make the interaction between human-machine more natural and generate better experiences. The creation of algorithms capable of manipulating the different electronic devices allows the simulations to be easily activated.

**Keywords:** Artificial intelligence, emotion recognition, emotion simulation, cloud platforms, human-machine interaction, social robot.

## **Introducción**

El presente proyecto aborda la creación de un robot social, tomando como base las disciplinas de la interacción hombre-máquina y la robótica social, para ello, mediante la utilización de tecnologías como la inteligencia artificial, se logra simular emociones básicas humanas e interactuar con el usuario.

La interacción hombre-máquina, se define como una disciplina que estudia cómo los usuarios interactúan con la tecnología computacional, es decir, el traspaso de información entre las personas y los ordenadores. El objetivo principal de este método es que este intercambio sea más eficiente, minimizando errores, incrementando la satisfacción, disminuyendo la frustración y haciendo más productivas las tareas que envuelven a las personas y los ordenadores. Por otra parte, la robótica social es la disciplina que permite integrar y hacer que los robots posean, bajo sus capas de inteligencia artificial, comportamientos empáticos hacia los humanos.

Una de las características de la interacción hombre-máquina es que siempre está en búsqueda y desarrollo de tecnología que logre acercar la comunicación entre el usuario y el sistema, mejorando así la usabilidad.

Para lograr que la comunicación hombre-máquina sea interactiva se deben de comprender factores psicológicos, sociales, de ingeniería, inteligencia artificial, computacionales, entre otros. Éstos determinan la manera en que el usuario se comunica y ayudan a crear sistemas que se adapten a la características fisiológicas, anatómicas y psicológicas del ser humano.

La psicología, ingeniería, computación e inteligencia artificial son disciplinas que facilitan la creación de máquinas interactivas. La psicología se determina como la ciencia que estudia y analiza la conducta y procesos mentales de los individuos. Por otro lado, la ingeniería y computación son disciplinas encargadas de crear herramientas, mecanismos y algoritmos para dotar a los sistemas de características que permitan una mejora interacción entre hombre – máquina.

# Capítulo I

## Marco Contextual

### 1.1 Antecedentes

La inteligencia artificial ha conseguido que las máquinas brinden soluciones a problemas que anteriormente se consideraba que solo los humanos podían resolver. Hoy en día, éstas, son competentes de analizar imágenes, entornos e inclusive reconocer personas, sin embargo, no solo se trata de la identificación de rostros, sino que además poseen la capacidad de determinar y simular las emociones que en ese momento se están experimentando. Disciplinas como la interacción hombre-máquina y la robótica social han buscado diseñar y crear sistemas con interfaces interactivas con el usuario auxiliándose de la psicología, ingeniería, computación, inteligencia artificial, entre otros.

Autores como Holgado. (2021) indican “el lenguaje no verbal es igual de importante que la comunicación verbal a la hora de interactuar con una persona. Las expresiones faciales aportan información que las palabras no siempre hacen y permiten generar vínculos entre los interlocutores.” (párrafo 4)

Al dotar a los sistemas robóticos de capacidades tales como simulación o reconocimiento de emociones a través de expresiones faciales, se puede mejorar la comunicación entre los usuarios y los robots sociales, esto se debe a que el lenguaje no verbal tiene una gran importancia al interactuar con las personas.

Los expertos en robótica durante años han trabajado en crear robots parecidos a los humanos, sin embargo, no había sido posible lograr que las máquinas fuesen capaces de identificar y copiar las expresiones faciales o manifestar las propias.

Existe un límite en cuanto a lo mucho que los humanos podemos involucrarnos emocionalmente con los chatbots basados en la nube o con los altavoces inteligentes para el hogar, que no tienen cuerpo -señala el profesor Hod Lipson, líder del proyecto-. Sin embargo, el cerebro parece responder bien a los robots que tienen algún tipo de presencia física reconocible (Holgado, 2021, párrafo 13)

En la internet, se pueden encontrar una gran cantidad de ejemplos de lo que es una interacción hombre-máquina, al ser sistemas que no son tangibles generan cierta insatisfacción en la comunicación ya que nuestro cerebro reacciona de una mejor manera cuando éstos tienen características físicas, esto se debe a que las personas están acostumbradas a entablar conversaciones en las que pueden sentir las emociones a través de expresiones, generando así mayor satisfacción.

Una de las maneras en que se ha logrado simular emociones, es a través de redes neuronales integradas en un robot humanoide, tal es el caso de EVA, un proyecto de la Universidad de Columbia, Nueva York, Estados Unidos, que con grabaciones hechas de diferentes expresiones faciales logró distinguir cuales correspondían a cada combinación de movimientos. El éxito de esta simulación se debe al uso de la inteligencia artificial que permite analizar datos reconociendo diferentes patrones.

Este proyecto simula emociones básicas a través de expresiones faciales, mediante el establecimiento de una conversación con inteligencia artificial y utilizando tecnología que permite reconocer estas emociones. El proyecto se enfoca en utilizar las diferentes disciplinas que ofrece la interacción hombre-máquina y la robótica social para poder tener una conversación y reconocer las emociones.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

El área de la robótica reconoce la importancia de añadir características y funciones como la simulación y el reconocimiento de emociones en las máquinas, permitiendo generar una mejor interacción y respuesta a las solicitudes de los usuarios. Años atrás, realizar estos mecanismos y algoritmos era sumamente difícil, sin embargo, actualmente esto ha cambiado ya que existen herramientas que cualquier persona que posea conceptos básicos de ingeniería, computación y/o inteligencia artificial pueden utilizar para crear una versión propia de un robot social. A partir de lo anteriormente expuesto, se inicia el proceso del proyecto de tesis desde la siguiente pregunta:

¿Cómo crear un robot social capaz de simular emociones básicas humanas interactuando con inteligencia artificial?

### **1.3 Justificación**

A lo largo de los años se ha creado un paradigma con respecto a los robots, se dice que solo son piezas de metal que realizan funciones específicas previamente programadas, bajo esta perspectiva las personas suelen tener una imagen general de ellos, por ejemplo, las máquinas industriales a las que suelen llamar “máquinas ciegas”, son llamadas así porque actúan de forma repetitiva conforme a algoritmos específicos. Cabe mencionar que el uso de dispositivos con características sociales permite brindar otra conceptualización de cómo pueden interactuar, no obstante, lo importante a destacar es la inteligencia artificial en éstos, ya que el uso de esta tecnología les permite brindar mejores respuestas.

En la era de la inteligencia artificial, poco a poco nos vamos acostumbrando a la interacción con ordenadores o robots en nuestra vida diaria: en contextos educativos, de terapia o rehabilitación y de compañía. Sin embargo, no son robots emocionales. La investigación ha dejado de lado, durante décadas, el papel de las emociones, ya que se consideraba que no admitían un análisis científico. Esto ha cambiado en los últimos años, después de que muchos experimentos psicológicos y de ciencia cognitiva revelaran que las emociones –sentimientos, estados de ánimo, personalidad– son más que una forma de expresión de los seres humanos: tienen un impacto importante en los procesos cognitivos y la toma de decisiones de las personas. (Liu, 2021, párrafo 3)

Se le conoce como procesos cognitivos a las operaciones mentales que realiza el cerebro para procesar información; las emociones juegan un papel importante en esos momentos ya que influyen en la toma de decisiones, por esta razón es importante dotar a los robots sociales con funciones que puedan simularlas y reconocerlas, logrando así que las respuestas sean más certeras, y, a su vez mejorar la interacción entre hombre-máquina.

### **1.4 Importancia de la Aplicación**

El proyecto de tesis tiene la importancia de mostrar el beneficio de dotar a las máquinas con capacidades de simulación y reconocimiento de emociones humanas utilizando tecnologías

relacionadas a la robótica social. Entre el provecho se puede mencionar; establecer un diálogo interactivo, confiabilidad del usuario, resultados más certeros en base a nuestras expresiones, entre otros.

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo General***

Crear un robot social capaz de simular y reconocer emociones básicas humanas, interactuando con inteligencia artificial.

### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

- Crear un mecanismo ocular basándose en el rostro humano.
- Crear la boca del robot social utilizando matrices LED.
- Crear en el robot mecanismo capaz de simular movimientos de cabeza en todas direcciones, basándose en el desplazamiento de la cabeza humana.
- Crear, en el robot social, un mecanismo que posibilite el movimiento de cejas, a fin de que éste sea capaz de expresar las diferentes emociones básicas humanas.
- Crear un algoritmo capaz de manipular los servomotores utilizados en el robot social para simular las emociones básicas humanas.
- Crear el algoritmo para que las matrices LED puedan formar diferentes figuras en base a las emociones básicas humanas.
- Utilizar las plataformas de Adafruit y FTTH para lograr enviar datos al módulo wifi.
- Utilizar las librerías que ofrece Adafruit para lograr conectar el módulo wifi con las plataformas en la nube.
- Crear una comunicación serial entre el módulo wifi y el microcontrolador Arduino
- Instalar el asistente de Google en una Raspberry PI.
- Ensamblar todos los componentes en el robot social.
- Utilizar la librería de Python OpenCV para crear un clasificador y posibilite el reconocimiento de emociones tales como alegría, sorpresa y enojo.
- Crear una comunicación serial entre la computadora y el microcontrolador Arduino para lograr enviar las emociones que el algoritmo reconoce y así poder simularlas.

## **1.6 Alcances y Límites**

El alcance del presente proyecto es mostrar como la inteligencia artificial y diferentes tecnologías relacionadas a la robótica social logran simular expresiones básicas humanas, generar un diálogo interactivo entre hombre-máquina, mejorar las respuestas al usuario y sobre todo dar a conocer los grandes beneficios que se tiene implementarlas en los diversos dispositivos que existen hoy en día.

Los asistentes virtuales ofrecen muchas funciones como el controlar una casa inteligente, realizar recordatorios, tomar notas, buscar información en internet, entre otras; sin embargo, en el proyecto solo se tomarán en cuenta aquellas que se consideren importantes para la demostración de los propósitos.

Aunque en el proyecto se pretende implementar el reconocimiento de emociones, no es un tema que se profundice, sino que se busca mostrar cómo se pueden simular las emociones básicas humanas mediante la utilización de la inteligencia artificial y la robótica social y, a la misma vez, dar a conocer los beneficios que éstas tienen.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes

El lenguaje no verbal, es un factor muy importante para la comunicación entre las personas, se debe a que las expresiones faciales aportan información que ayuda a tomar decisiones, generar mejor interacción y confianza entre el receptor y emisor. Partiendo de esta perspectiva, es donde toma importancia agregar funciones a las máquinas tales como la simulación y reconocimiento de emociones.

EVA es un humanoide desarrollado por un equipo de investigadores de ingeniería de la Universidad de Columbia de la ciudad de Nueva York (Estados Unidos). Concretamente, se trata de una cabeza robótica que se ha diseñado con el objetivo de explorar la dinámica de las interacciones entre humanos y robots. De esta forma, se pretende acabar con las expresiones estáticas de las otras máquinas inteligentes y proporcionar una mejor experiencia en el trato con las personas. (Castañón, 2021, párrafo 2)

Gael Langevin, un artista francés, ha sido el creador de InMoov. Su deseo es facilitar a todos los amantes de la robótica o personas inquietas en general el poder crear su propio modelo de InMoov, a partir de una impresora 3D. Para ello, Gael publica los diseños de las diferentes piezas que conforman el robot, para que luego los interesados no tengan más que cargar plástico en su impresora y crear sus propias piezas. Además de las partes plásticas, InMoov cuenta con placas Arduino en su interior, que manejan la robótica, junto a algunos servos, la fuente de alimentación y los cables. (Alviz, 2012, párrafo 3)



InMoov y EVA son proyectos que muestran una interacción entre hombre – máquina; dan a conocer la forma en que el ser humano puede interactuar con la tecnología de una manera cercana a lo natural. Son ejemplos de lo accesible que es este tipo de tecnología para las personas. InMoov es de código abierto, por lo que fácilmente se logra conocer el área de la robótica y obtener los componentes necesarios para construir una versión propia, sin tener grandes conocimientos. El proyecto de tesis toma como base e inspiración estos dos proyectos para simular las emociones básicas humanas y poder entablar un diálogo interactivo con el robot social.

## **2.2 Emociones Humanas**

Las emociones son consideradas reacciones psicofisiológicas que logran representar la manera en que una persona se adapta cuando percibe un objeto, persona, lugar, suceso o recuerdo importante. Éstas, representan un conjunto de reacciones que todas las personas pueden tener como la alegría, tristeza, miedo, ira, entre otras. Cabe resaltar que cada individuo experimenta una emoción de forma particular, misma que dependerá experiencias anteriores, aprendizaje, carácter y situación concreta.

Éstas juegan un papel importante en la comunicación, esto se debe a que los procesos cognitivos capturan las emociones que se transmiten en una conversación, permitiendo realizar un mejor análisis y como resultado mejorar la respuesta o reacción. Es importante hacer mención que éstas poseen componentes conductuales particulares, que son la manera en que se muestran externamente. Aunado a ello, según estudios realizados se concluye que las emociones son en cierta medida controlables y están basadas en el aprendizaje familiar y cultural de cada grupo:

- Expresiones faciales.
- Acciones y gestos.
- Distancia entre personas.
- Componentes no lingüísticos de la expresión verbal (comunicación no verbal).

### ***2.2.1 Emociones Básicas Humanas***

A fin de comprender de mejor manera el tema de las emociones básicas humanas, es importante abordar los aportes que ha realizado un personaje que ha profundizado en esta área psicológica, Paul Ekman, quien es uno de los psicólogos pioneros en el estudio de las emociones y expresiones faciales. Hoy en día es considerado dentro del rubro de los psicólogos más importantes y destacados del siglo XXI.

“En 1972 Paul Ekman definió las 6 emociones básicas: ira, asco, miedo, alegría, tristeza y sorpresa. Debido a su universalidad y a su presencia en distintas culturas, llegó a la conclusión de que debían ser importantes para la construcción de nuestro psiquismo.”  
(Lopérfido, 2020, párrafo 1)

Ekman desarrolló una lista de emociones básicas a partir de investigaciones transculturales en individuos destacados de una tribu de Papúa, Nueva Guinea. Durante el estudio se evidenció que los miembros de una cultura aislada de la Edad de Piedra son capaces de identificar con un alto grado de fiabilidad las expresiones emocionales al observar las fotografías tomadas a personas de diferentes civilizaciones con las que ellos no han estado familiarizados.

Asimismo, la tribu estudiada era capaz de adjudicar ciertas expresiones faciales a descripciones de situaciones específicas. A partir de esta información, llegó a la conclusión de que algunas expresiones son básicas o biológicamente universales en la especie humana. La siguiente, es la lista de las emociones humanas elaborada por Ekman en el año de 1972:

- Alegría
- Ira
- Miedo
- Asco
- Sorpresa
- Tristeza

### ***2.2.2 Expresiones Faciales***

Las expresiones faciales, son uno de los medios con mayor importancia para poder transmitir emociones. A través de las expresiones faciales también se logra realizar juicios sobre

la personalidad, carácter y diversos rasgos de las personas que nos rodean en función de lo que observamos en el rostro.

No toda la comunicación que se transmite a través de la expresión facial es susceptible de ser percibida conscientemente por el interlocutor, sin embargo, sí se sabe con certeza que las impresiones que obtenemos de los otros también están influidas por los movimientos imperceptibles de la comunicación verbal.

Los primeros cinco minutos al interactuar con una persona suelen ser el período más crítico, dado que las impresiones formadas en este breve espacio de tiempo tenderán a persistir en el futuro e incluso a ser reforzadas por el comportamiento posterior, que no suele ser interpretado objetivamente, sino de acuerdo con la comunicación inicial. Lo anteriormente expuesto sucede dado que es el rostro de las personas uno de los primeros rasgos que advertimos, por lo que juega claramente un papel vital en el proceso de establecimiento de relaciones con los demás.

Un aspecto fundamental por destacar es que, en estos escasos minutos, usualmente, se han formamos opiniones sobre el carácter, personalidad, inteligencia, temperamento, capacidad de trabajo, hábitos e incluso sobre su conveniencia como amigo de la persona con la se entabla una conversación.

### ***2.2.3 Robots Emocionales***

Muchos científicos e ingenieros están desarrollando nuevas generaciones de autómatas capaces de entender el lenguaje natural y de interpretar y expresar estados anímicos, lo cual conduce a interrogarnos si en el futuro próximo las máquinas podrían llegar a sentir empatía.

Cabe mencionar que gracias a las nuevas tecnologías de cómputo los robots industriales han acogido presencia en diversos sectores, como por ejemplo quirófanos, líneas de ensamble de autos e inclusive el desarrollo en otros planetas como el vehículo Curiosity, que desde el año 2012 recoge y analiza muestras del suelo. En su contraparte, los robots con habilidades sociales y comunicativas aún siguen siendo escasos; a pesar de que, si bien es cierto en países avanzados como Japón y Estados Unidos se han iniciado a fabricar algunos modelos capaces de interactuar con los humanos.

Tal como explica la investigadora Cynthia Breazel, del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), citada por Guzmán. (2020) “la

robótica se ha ocupado más de la interacción con las cosas que con las personas. Pero las cosas han empezado a cambiar en las últimas décadas”. (párrafo 4)

A lo largo de los años, la robótica se ha enfocado en el desarrollo de robots industriales, no obstante, hoy en día esto ha ido cambiando, ya que cada vez existen más, enfocándose al entorno social, capaces de poder entablar conversaciones, simular y reconocer emociones humanas mediante el apoyo de la inteligencia artificial.

### **2.3. Interacción Hombre - Máquina**

La interacción hombre – máquina, por sus siglas IHM, es una disciplina que estudia cómo los usuarios interactúan con la tecnología computacional. Avances en el desarrollo de software y hardware han transformado la cultura y la manera en cómo trabajamos, estudiamos, jugamos y desarrollamos actividades cotidianas. Por esta razón, la IHM se ha convertido en una de las áreas más importantes de estudio en las ciencias de la información y administración de la tecnología. Gran parte del éxito de los sistemas está relacionado con la facilidad y la comprensión natural del funcionamiento de éste, el cual está proporcionado a través de interfaces con las que interactúa el usuario final y, es debido a este punto, donde radica la importancia del estudio de la interacción hombre - máquina.

#### ***2.3.1 Objetivos de la Interacción Hombre - Máquina***

Entre los objetivos que la interacción hombre - máquina tiene se pueden mencionar:

- Comprender factores psicológicos, ergonómicos, organizativos y sociales que determinan como el usuario trabaja y hace uso de las computadoras.
- Desarrollar herramientas y técnicas que ayuden a los diseñadores a conseguir que los sistemas sea los idóneos para las actividades a las que se aplican.
- Conseguir una interacción eficiente, efectiva y segura, tanto a nivel individual como de grupo.

#### ***2.3.2 Disciplinas de la Interacción Hombre - Máquina***

En la interacción hombre - máquina se utilizan disciplinas las cuales contribuyen en el diseño y construcción de sistemas capaces de ser interactivos con los usuarios. Entre estas podemos encontrar:

- Inteligencia artificial: Se encarga de diseñar sistemas que simulen aspectos del comportamiento humano inteligente.
- Psicología: Estudia el comportamiento y los estados de la conciencia de las personas, considerada individualmente o como miembro en grupo. Trata de comprender el comportamiento y los procesos mentales. La psicología también estudia el origen y las causas del comportamiento humano en contexto social
- Ingeniería y computación: Estas disciplinas se encargan de crear los mecanismos y algoritmos de sistema que se adapten a las necesidades de los usuarios.

Es necesario mencionar que existen muchas otras disciplinas que ayudan a la creación de sistemas capaces de generar una interacción entre hombre - máquina, no obstante, debido a los alcances de este proyecto se consideraron solo las disciplinas que aportan en el cumplimiento de los propósitos esbozados.

## **2.4. Robots Sociales**

Un robot social es un robot autónomo que interactúa y se comunica con los humanos. A diferencia de los industriales está hecho para servirnos en nuestra vida privada, por lo que se le considera dentro de una categoría de producto de consumo. Esta físicamente inspirado en un avatar; algunos están diseñados con una pantalla para representar la cabeza o cara, mientras que otros tienen una apariencia más humanoide. Comúnmente se mueven sobre ruedas o incluso tienen piernas mecánicas. Para ser considerado como uno, deben de ser integrados motores físicos y capacidades de sensores.

El conjunto de características más importantes de un robot social está relacionado con las capacidades de interacción con el ser humano al poder hablar, ver y escuchar, asimismo, está conectado a servicios de Internet y utiliza inteligencia artificial.

### ***2.4.1 Usos de los Robots Sociales***

NAO, es un robot humanoide autónomo y programable, desarrollado por Aldebaran Robotics, empresa francesa de robótica con sede en París. Los robots Nao se han utilizado con fines de investigación y educación en numerosas instituciones académicas de todo el mundo; a partir del año 2015, más de cinco mil (5,000) unidades Nao están en uso en más de cincuenta (50) países.

PARO, es un bebé de foca arpa robot terapéutico, enfocado a generar un efecto calmante y provocar respuestas emocionales positivas en pacientes de hospitales y hogares de ancianos, similar a la terapia asistida por animales, mediante el uso de inteligencia artificial.

Robots sociales como NAO y PARO se están utilizando con mayor frecuencia, ya que a través de investigación se ha descubierto que la depresión e ira en niños puede reducirse al trabajarla mediante robots sociales. Esto es muy importante ya que demuestra que la interacción entre hombre - máquina tiene grandes beneficios en el área sanitaria. A raíz de lo anteriormente expuesto, es factible demostrar qué dotar a robots con la capacidad de simular y reconocer emociones conllevan innumerables beneficios.

## **2.5. Inteligencia Artificial**

La Inteligencia Artificial (IA) es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano. Dentro de las ramas de la inteligencia artificial se destaca Machine Learning, misma que se encarga de buscar formas de que un sistema aprenda por su propia cuenta sin la necesidad de la intervención humana. Hoy en día, es factible visualizar la inteligencia artificial en diversos ámbitos, desde el área de tecnología como por ejemplo smartphones, tabletas, consolas de video juego, computadoras, entre otros dispositivos. Los asistentes virtuales, son considerados como la inteligencia artificial más conocidas ya que están a la disposición de casi cualquier persona.

Un aspecto por considerar es que la inteligencia artificial juega un papel importante en la actualidad debido a las grandes ventajas que contiene, tales como:

- Automatización de procesos.
- Minimización del error humano.
- Mantenimiento predictivo.
- Reducción del tiempo de análisis de datos.
- Mejoramiento en la toma de decisiones.
- Aumento de productividad y calidad.
- Control y optimización.
- Mayor precisión.

La inteligencia artificial, forma parte de la transformación digital, misma que cuenta con diversas ventajas que deben de ser consideradas por el área empresarial para llevar a cabo procesos que sean de beneficio en las compañías. La robótica es un área donde la inteligencia artificial hoy en día está tomando mayor impulso debido a que se están logrando crear máquinas capaces de realizar tareas de una forma automatizada y con mínimo margen de errores.

### ***2.5.1 Asistentes Virtuales***

Un asistente virtual es un agente de software que brinda ayuda a los usuarios de celulares y tabletas inteligentes, computadoras, entre otros. Asimismo, esta tecnología está disponible para realizar tareas u ofrecer servicios al individuo que la utilice; un aspecto a resaltar es que las acciones factibles a ejecutar están basadas en datos de entrada del usuario, reconocimiento de ubicación y la habilidad de acceder a información de una variedad de recursos en línea. Algunos ejemplos de asistentes personales vigentes son Siri de Apple, Google Assistant, Alexa de Amazon y Microsoft Cortana.

Dentro de los aspectos que caracteriza a un asistente personal inteligente es la habilidad para organizar y mantener información, esto incluye el manejo de correos electrónicos, eventos en el calendario, archivos, lista a seguir, entre otros.

Los asistentes virtuales se pueden clasificar por el tipo de interacción con los usuarios, puede ser a través de texto, voz o intercambio de imágenes. Aunado a ello, es factible categorizarlos por el grado de complejidad de la tarea que realizan, como, por ejemplo:

- Asistentes administrativos virtuales.
- Asistentes virtuales de social media y gestión de marketing.
- Asistente virtual de cuentas y contabilidad.
- Asistente técnico virtual.
- Desarrollador web o asistente de diseño.
- Asistente virtual de redacción de contenidos.
- Asistente virtual de E-Commerce.
- Asistente virtual de gestión de proyectos.
- Asistente virtual de redacción.
- Asistente virtual personal.

- Asistente virtual inmobiliario.
- Asistente virtual de diseño gráfico.

Los asistentes virtuales personales son utilizados con mayor frecuencia hoy en día, éstos se encargan de las tareas personales tales como programar citas, enviar notas de agradecimiento, contestar llamadas, asegurar el transporte, entre otros. La principal función que poseen es tratar de realizar todas aquellas tareas simples pero consideradas tediosas.

### ***2.5.2 Interacción por Voz con un Asistente Virtual***

Los asistentes virtuales pueden realizar el trabajo mediante voz, esto facilita la realización de tareas y consultas mediante este mecanismo, generalmente, a través de un dispositivo dedicado exclusivamente para ello también conocido como altavoz inteligente. Los asistentes virtuales más utilizados agrupados en esta categoría son Amazon Echo, Siri, Asistente de Google, Microsoft Cortana y/o Amazon Alexa.

### ***2.5.3 Los Servicios que Puede Ofrecer un Asistente Virtual Personal***

La mayoría de los asistentes virtuales personales brindan los mismos servicios, sin embargo, algunos por la marca pueden incluir características que otros no ofrecen. Entre los más comunes están:

- Proveer información sobre el tiempo; datos de Wikipedia o IMDb; ajustar alarmas; listas de pendientes o de compras.
- Reproducir música de servicios de Streaming, estaciones de radio y leer audiolibros
- Reproducir vídeos, programas de televisión o películas en televisores de fuentes de Streaming, como por ejemplo Netflix.
- Comprar artículos como por ejemplo sitios web como Amazon.

### ***2.5.4 OpenCV***

OpenCV, por su significado Visión Artificial Abierta; apareció por primera vez en enero del año 1999; esta plataforma es una biblioteca libre de visión artificial que se ha utilizado en una gran cantidad de aplicaciones, permitiendo que, hasta la fecha, sea mencionada como una de las



más populares en el ámbito de la visión artificial. Algunos ejemplos de los múltiples usos son la detección de movimiento, reconocimiento de objetos, reconstrucción 3D a partir de imágenes, entre otros.

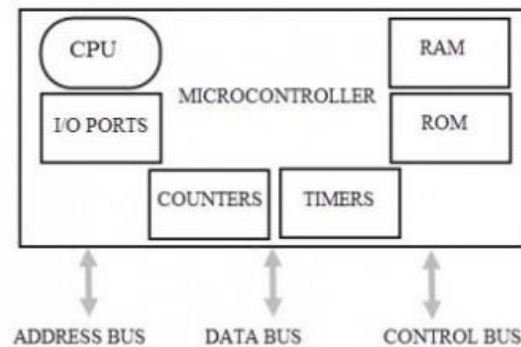
Esta librería tiene más de 2,500 algoritmos los cuales incluyen dentro del catálogo Machine Learning y visión artificial, permiten encontrar imágenes similares, eliminar ojos rojos, reconocer escenarios, entre otros. Comúnmente, se ha utilizado en la detección de intrusos en vídeos, monitorización de equipamientos, ayuda a navegación de robots, inspección de etiquetas en productos, entre otros. OpenCV está escrito en C++, tiene interfaces en C++, C, Python, Java y MATLAB interfaces y funciona en Windows, Linux, Android y Mac OS.

## 2.6. Microcontroladores y Ordenadores de Placa Reducida

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, tiene la capacidad de ejecutar ordenes grabadas en su memoria. Este dispositivo incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora, mismas que son, unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

### Figura 1

*Ejemplo de estructura de un microcontrolador.*



*Nota: Tomada de Microcontroladores [Diagrama], Néstor Ferrer Imañas, 2003, upcommons.upc.edu*

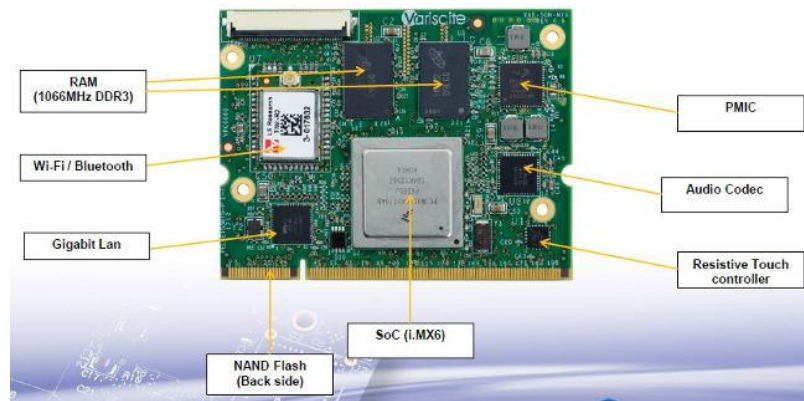
El diseño de los microcontroladores está enfocado en la reducción de costos económicos y del consumo de energía de un sistema en particular. Cabe mencionar que éstos representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos; aunado a ello, es importante destacar que el microcontrolador es diferente a una unidad central de procesamiento normal, dado que es más fácil convertir un procesador en una computadora en funcionamiento integrando circuitos de apoyo. La idea es que el circuito integrado se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite. Por su parte un microprocesador tradicional no permite hacer lo anteriormente descrito, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips, por lo que es necesario agregarle los módulos de entrada y salida y la memoria para almacenamiento de información.

Los ordenadores de placa reducida están diseñados para conectarse a un soporte o placa base y están formados, generalmente, por un pequeño módulo procesador con una CPU y capacidades de entrada y salida estándar. Se destaca que los ordenadores de placa reducida suelen contener los siguientes elementos:

- Procesador de aplicaciones de un destacado fabricante de semiconductores, como Freescale, Texas Instruments, Atmel, Qualcomm, Altera.
- Memorias Flash (NAND/NOR) y RAM (DDR2/3).
- Wifi / Bluetooth.
- Gigabit Phy.
- Codificador de audio.
- Circuito integrado de gestión de alimentación (Power Management IC, PMIC).
- Controlador de sensor táctil.

## Figura 2

*Ejemplo de ordenador de placa reducida y sus principales partes*



*Nota: Tomada de Ejemplo de SoM sistema en módulos [Fotografía], Asis Rodríguez, 2015, [www.industriaembedahoy.com](http://www.industriaembedahoy.com)*

Los ordenadores de placa reducida han sido sumamente utilizados en la industria, como por ejemplo en microcomputadoras para el desarrollo de proyectos innovadores en el área de ingeniería, asimismo, han sido empleados en la mayoría de los casos en el ámbito de la electrónica, bases de datos, redes de computadoras, entre otros.

## Figura 3

*Ejemplo de ordenador de placa reducida.*



*Nota: Tomada de ASUS Tinker Board [Fotografía], Gustavo Dumortler, 2017, [www.itsitio.com](http://www.itsitio.com)*

### **2.6.1 Arduino**

Arduino, es catalogado como un hardware libre que posee diseños de referencia de hardware que se distribuyen bajo la licencia Creative Commons Attribution Share Alike 2.5; asimismo, posee esquemáticos y archivos de montaje de componentes (PCBs) para algunas versiones de placas, disponibles en el sitio web.

La mayoría de las placas Arduino constan de un microcontrolador AVR Atmel-8 bits (ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, ATmega2560), el cual a su vez está compuesto de diversas cantidades de memoria flash, pines y funciones. Es importante mencionar que las placas Arduino utilizan pines y/o cabezales hembra de una o dos hileras que facilitan las conexiones e incorporación en otros circuitos.

Las placas Arduino pueden conectarse con módulos adicionales denominados shields, que se conceptualizan como escudos, por su traducción al español; dichos componentes aumentan las características técnicas cuando ésta está en uso, dado que poseen circuitos específicos que añaden funcionalidades extras a la placa Arduino nativa en la cual se utilice; también se les conoce como placas de expansión.

La mayoría de shields, se conectan a través de un bus serie I<sup>2</sup>C, aunque existen también aquellos que emplean conexión mediante el bus UART, mayormente conocido como Universal Asynchronous Receiver Transmitter, que en español se definiría como Transmisor Receptor Asíncrono Universal; así como con el bus SPI, Serial Peripheral Interface, por su traducción al español Interfaz Periférica Serie.

La mayoría de las placas incluyen regulador lineal de 5 V y oscilador de cristal de 16 MHz, o bien, resonador de cerámica según sea el caso. Es fundamental resaltar que algunos diseños tales como el LilyPad, funcionan a 8 MHz y prescinden del regulador de voltaje a bordo debido a restricciones de factor y/o tamaño de forma específicas.

Los modelos de Arduino se categorizan en placas de desarrollo, placas de expansión (shields), kits, accesorios e impresoras 3D. A continuación, se desglosan la clasificación detallada de lo anteriormente mencionado

- Placas: Arduino Galileo, Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Due, Arduino Yún, Arduino Tre (En Desarrollo), Arduino Zero, Arduino Micro, Arduino Esplora, Arduino

Mega ADK, Arduino Ethernet, Arduino Mega 2560, Arduino Robot, Arduino Mini, Arduino Nano, LilyPad Arduino Simple, LilyPad Arduino SimpleSnap, LilyPad Arduino, LilyPad Arduino USB, Arduino Pro Mini, Arduino Fio, Arduino Pro, Arduino MKR1000/Genuino MKR1000, Arduino MICRO/Genuino MICRO, Arduino 101/Genuino 101, Arduino Gemma.

- Placas de expansión (shields): Arduino GSM Shield, Arduino Ethernet Shield, Arduino Wi-Fi Shield, Arduino Wireless SD Shield, Arduino USB Host Shield, Arduino Motor Shield, Arduino Wireless Proto Shield, Arduino Proto Shield.
- Accesorios: Pantalla LCD TFT, Adaptador USB/Serie y Mini USB/Serie, Arduino ISP.
- Impresoras 3d: Arduino Materia 101.

### ***2.6.2 Arduino DUE***

El Arduino DUE, es una placa de microcontrolador basada en la CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3; ésta ha sido la primera placa Arduino basada en un microcontrolador de núcleo ARM de 32 bits; está compuesta por cincuenta y cuatro (54) pines de entrada / salida digital, de los cuales doce (12) se pueden usar como salidas PWM; doce (12) entradas analógicas, cuatro (04) puertos serie de hardware – UART –; un (01) reloj de 84 MHz; una (01) conexión USB OTG compatible, dos (02) digital a analógico – DAC –; dos (02) TWI; un (01) conector de alimentación; un (01) encabezado SPI; un (01) encabezado JTAG; un (01) botón de reinicio y un (01) botón de borrado.

El microcontrolador Arduino, permite utilizar una cantidad considerable de sensores, motores y otra clase de artefactos relacionados a IOT, dado el conjunto de puertos que permiten controlar numerosos servomotores a la misma vez, utilizando librería previamente definida en IDE de Arduino.

## Figura 4

*Ejemplo de microcontrolador Arduino DUE*



*Nota: Tomada de Arduino Due [Fotografía], Arduino Store, 2022, store.arduino.cc*

### **2.6.3 Raspberry Pi**

La Raspberry Pi, es una serie de ordenadores de placa reducida, de placa única o de placa simple de bajo costo desarrollado en el Reino Unido por Raspberry Pi Foundation, con el objetivo proporcionar al mundo el poder de la informática y la creación digital. Si bien el modelo original estaba encaminado en la promoción de la enseñanza de informática en las escuelas, culminó siendo más popular de lo que se esperaba, lo que conllevó a la expansión de venta fuera del mercado objetivo para usos como robótica.

Raspberry PI, posee software de código abierto, además el sistema operativo oficial es una versión adaptada de Debian, denominada Raspberry Pi OS, aunque permite usar otros sistemas operativos, incluido una versión de Windows 10.

Este componente, en todas las versiones incluye procesador Broadcom, memoria RAM, GPU, puertos USB, HDMI, Ethernet ,40 pines GPIO, a partir de la Raspberry Pi 2 y conector para cámara. No obstante, ninguna de las ediciones está equipada con memoria, siendo esta en su primera versión una tarjeta SD y en las posteriores una tarjeta MicroSD.

### **2.6.4 Raspberry PI 3 modelo B**

Raspberry Pi 3 Model B, es el primer prototipo de la Raspberry Pi de tercera generación. El cual reemplazó a Raspberry Pi 2 Model B, en febrero del año 2016. Dentro de las especificaciones de ejemplar, es factible enumerar:

- CPU de cuatro núcleos a 1,2 GHz Broadcom BCM2837 de 64 bits.
- 1 GB de RAM.
- BCM43438 LAN inalámbrica y Bluetooth de baja energía (BLE) a bordo.
- 100 Ethernet base.
- GPIO extendido de 40 pines.
- 4 puertos USB 2.
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto.
- HDMI de tamaño completo.
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi.
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi.
- Puerto microSD para cargar su sistema operativo y almacenar datos.
- Fuente de alimentación micro USB conmutada mejorada de hasta 2,5 A.

#### **Figura 5**

*Imagen de Raspberry PI 3 Model B.*



*Nota: Tomada de Raspberry Pi 3 Model B, Raspeberry [Fotografía], 2022, [www.raspberrypi.com](http://www.raspberrypi.com)*

## **Capítulo III**

### **Marco Metodológico**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se trabajó en el proyecto tesis fue el método mixto, el cual combina la investigación cualitativa y cuantitativa en un único estudio con la finalidad de obtener un enfoque más amplio por medio de las características pertinentes de cada método de investigación.

El enfoque cualitativo se utilizó para definir la herramienta de recolección de datos y las preguntas que se realizaron a profesionales del área de ingeniería en sistemas que se tomaron para este proyecto a fin de determinar las características, funciones y tecnologías importantes para lograr crear un robot social capaz de simular las emociones básicas humanas y que éste pueda entablar una interacción hombre - máquina.

El enfoque cuantitativo fue útil para realizar el análisis de la información obtenida a través de las encuestas, cabe mencionar que se utilizaron métodos estadísticos para poder identificar y establecer patrones de comportamiento de la muestra estudiada, mismos que sirvieron como bases para encontrar una solución efectiva.

#### **3.2. Sujetos de Investigación**

La presente investigación se llevó a cabo con los profesionales del área de Ingeniería en Sistemas, que pertenecen al municipio de Jutiapa, Guatemala.

#### **3.3. Procedimiento**

- Se seleccionó aleatoriamente a un grupo de profesionales del área de Ingeniería en Sistemas para aplicar la encuesta.
- Utilización de la herramienta Google Forms para realización de encuestas a los profesionales de Ingeniería en Sistemas.
- Análisis de resultados con base en los datos recopilados mediante encuesta.
- Tomando en consideración la información recopilada, durante la implementación se incorporaron tecnologías, características y funciones para la creación de robot social.



### 3.4. Universo / Población

- La población estuvo conformada por treinta y cinco (35) profesionales del ámbito de Ingeniería en Sistemas y TIC, pertenecientes al municipio de Jutiapa, Guatemala.
- El tipo de población utilizada fue finita, dado que estaba conformada por profesionales del área Ingeniería en Sistemas.

### 3.5. Muestra

Todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser tomados en cuenta para la muestra, por lo que se realizó un sorteo y fueron elegidos al azar los profesionales que fueron encuestados. Treinta (30) en el área de Ingeniería en Sistemas participaron, representando el 85.71% de la población fundamentada en la fórmula del muestreo aleatorio simple.

#### Figura 6

*Fórmula de muestreo aleatorio simple.*

$$n = \frac{(Z)^2(\sigma)^2}{\sigma(N - 1) + (Z^2 + \sigma^2)}$$

N = tamaño de la población

e = margen de error (porcentaje expresado con decimales)

z = puntuación z

$\sigma$  = Desviación Estándar

### 3.6. Plan de Recolección de Datos

Los instrumentos utilizados durante la investigación fueron:

- Encuesta: En el proceso de recolección de datos participaron profesionales interesados en la investigación, con el objetivo de determinar qué características, funciones y tecnologías son importantes al momento de crear un robot social que logre simular emociones humanas; para la realización de ésta, se utilizó encuesta creada en Google Forms.

### **3.7. Validez y Confiabilidad**

La validez y confiabilidad del instrumento de recolección de datos está contemplado entre el 93% al 95%.

### **3.8. Metodología de Desarrollo del Aplicativo**

La metodología utilizada para llevar a cabo el proyecto de tesis fue SCRUM, por lo que fue necesario la creación de historias de usuario y lista del producto para llevar un registro, que a su vez permitió profundizar en cada uno de los requerimientos.

Cada historia de usuario lleva una puntuación, la cual permite medir la complejidad y así saber cuáles dentro del sprint se deben de llevar a cabo primero. A fin de hacer efectivo lo anteriormente mencionado, se creó una plantilla la cual tiene establecida la estructura de las historias de usuario (ver anexo A).

Es importante mencionar que para determinar si una historia de usuario ha sido completada, se añade una sección llamada criterios de aceptación a la plantilla (ver anexo B). Para determinar si un sprint está terminado, todos los criterios de aceptación de cada una de las historias de usuarios tomadas para el Sprint deben de estar completados.

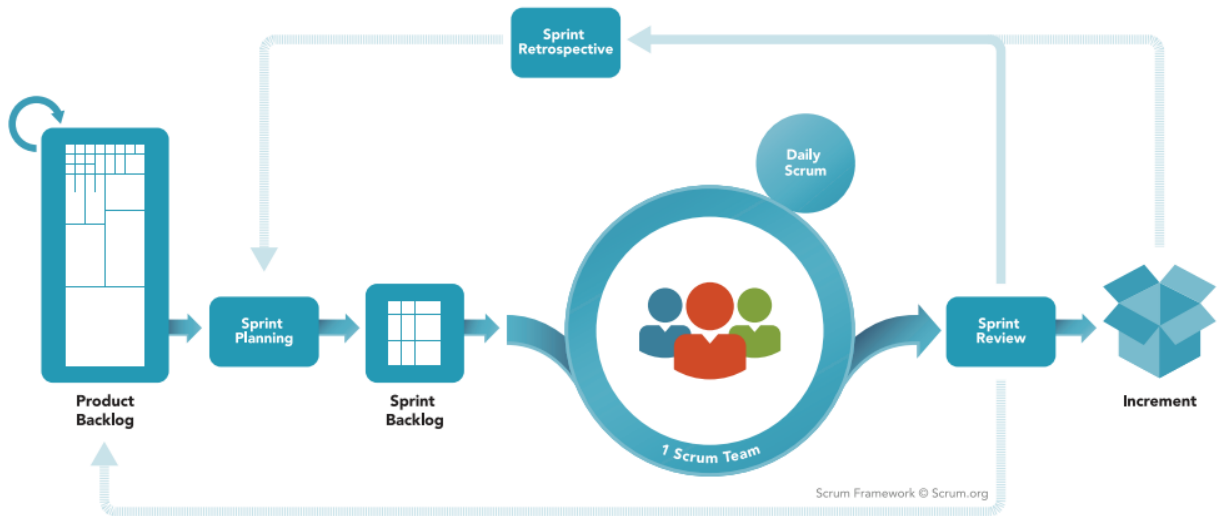
A la mitad de cada Sprint, el producto Owner debía de refinar las historias de usuario para el siguiente Sprint; esto permitió que el equipo de desarrollo tenga una mejor descripción de lo que debe de hacer por cada historia tomada para el Sprint y tener más claro el objetivo de éste.

Para medir el avance de cada Sprint, el equipo analiza el progreso hecho y revisa si aún es factible cumplir con el objetivo planeado al inicio de cada iteración, éstas evoluciones se logran medir en base a los puntos establecidos en las historias de usuario, la suma de las puntuaciones da el total de la complejidad del Sprint y de la meta a la que se debe de llegar. Para la medición de avances se utiliza una plantilla (ver anexo C).

**Figura 7**

*Ejemplo de secuencia de metodología SCRUM.*

## SCRUM FRAMEWORK



*Nota: Tomada de Scrum Framework [Diagrama], Scrum ORG, 2022, [www.scrum.org](http://www.scrum.org)*

### **3.8.1 Definición de Requerimientos del Producto**

Definir los requerimientos del producto permite que el proyecto pueda enfocarse en dichos parámetros, además, proporciona una base de datos que justifica las especificaciones de éste. En conclusión, conocer todas las demandas permite al equipo SCRUM estar seguros de que no se excluya alguna necesidad crítica del usuario y, a la misma vez, posibilita la creación de cada historia de usuario.

A continuación, se detallan los requerimientos que debe de poseer el proyecto de creación de robot social:

- Debe ser modular para el fácil repuesto de sus partes.
- Tener aspecto humanoide.
- Contar con la parte de la cabeza.
- Interacción con el usuario debe de ser amigable y con respeto.

- Diálogo entre robot y persona debe ser interactivo.
- Robot expresivo, capaz de evidenciar si se encuentra feliz, enojado, entre otros.
- Apariencia atractiva, es decir, no dar miedo o repulsión.
- Las órdenes proporcionadas deben ser simples de transmitir, sin complicaciones.

**3.8.1.1 Requerimientos Funcionales.** A continuación, se detallan los requisitos funcionales que deberá de poseer el robot social.

- Hablar.
- Realizar movimientos de cabeza.
- Mostrar expresiones faciales por comandos de voz.
- Reconocer las emociones de alegría, enojo y sorpresa para luego simularlas.
- Responder preguntas básicas como el tráfico, nombre del usuario, clima, entre otras

### ***3.8.2 Equipos de Trabajo y Roles***

Para el desarrollo del proyecto es necesario contar con los siguientes roles, los cuales están basados en la metodología SCRUM y tendrán participación en distintas partes esenciales del proyecto.

- Dueño del producto.
- Scrum Máster.
- Equipo de desarrollo: conformado por diseñador 3D, programador de Python y programador Arduino.

### ***3.8.3 Planificación del Sprint***

Tomando en cuenta el objetivo del proyecto, fecha límite para la entrega y cantidad de historias recolectadas para la lista del producto, se concluye que el proyecto constará de tres (03) Sprint con duración de un (01) mes cada uno.

Una vez creada la lista del producto, con las diferentes historias de usuario, se procede en la creación del primer Sprint tomando los ítems y se establece el objetivo de éste. El proceso se repite al inicio de cada uno de los siguientes Sprint. Es necesario recordar que la lista del producto

es dinámica por lo que se pueden ir agregando nuevas historias de usuario, aunque por la fecha límite del proyecto y los escasos requerimientos por parte del usuario, se trata de establecer y no modificar dicha la programación.

#### ***3.8.4 Reuniones Diarias***

Las reuniones diarias con el equipo de desarrollo se planificarán para que, en quince minutos como máximo, poder responder tres preguntas esenciales:

- ¿Qué se hizo ayer?
- ¿Qué haré hoy?
- ¿Qué impedimentos tengo?

Estas interrogantes permitirán conocer si se está cumpliendo el objetivo del Sprint actual y/o si existen inconvenientes que impidan o retrasen el desarrollo, dando como resultado no poder avanzar, a fin de solucionarlo.

#### ***3.8.5 Revisión del Sprint***

La revisión del Sprint se considera como una de las ceremonias más importantes de SCRUM, en donde el equipo se reúne para poder inspeccionar el trabajo completado y determinar si se necesitan cambios adicionales; en caso se ejecuten modificaciones, se toma nota y se verifica la historia a la cual pertenece el cambio para ser colocada nuevamente en la lista del producto. Cabe mencionar que la revisión del Sprint se ejecuta el último día en que este está vigente.

#### ***3.8.6 Producto***

El robot social creado, está diseñado para interacción hombre – máquina; éste consta de un sistema organizado en una arquitectura modular, lo que permite el fácil repuesto y cambio de los elementos que lo componen.

El autómata cuenta en la parte interna con mecanismos que le permiten expresar emociones y, a la misma vez, poder reconocerlas. El dotar al robot social con estas características permite mostrar cómo es una interacción hombre - máquina al momento de que éste simule y reconozca las emociones básicas humanas.

## Capítulo IV

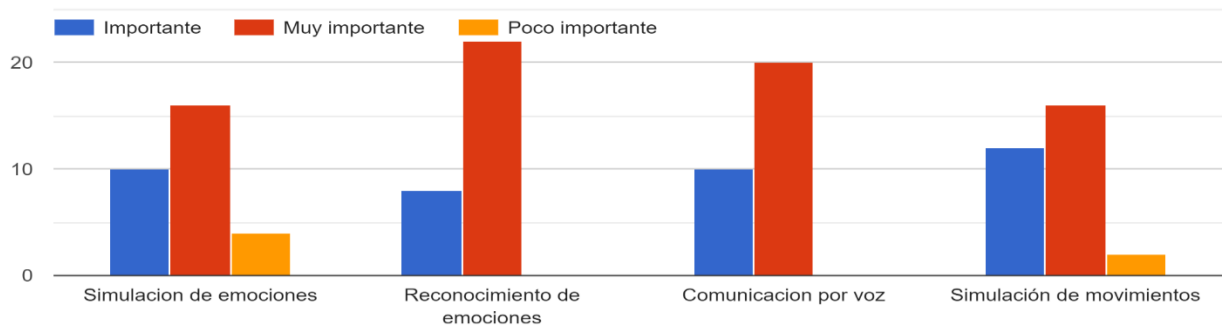
### Resultados de la Investigación

#### 4.1. Presentación de Resultados

##### Gráfico 1

*Resultados de interrogante: Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes funciones para lograr una mejor interacción hombre – máquina.*

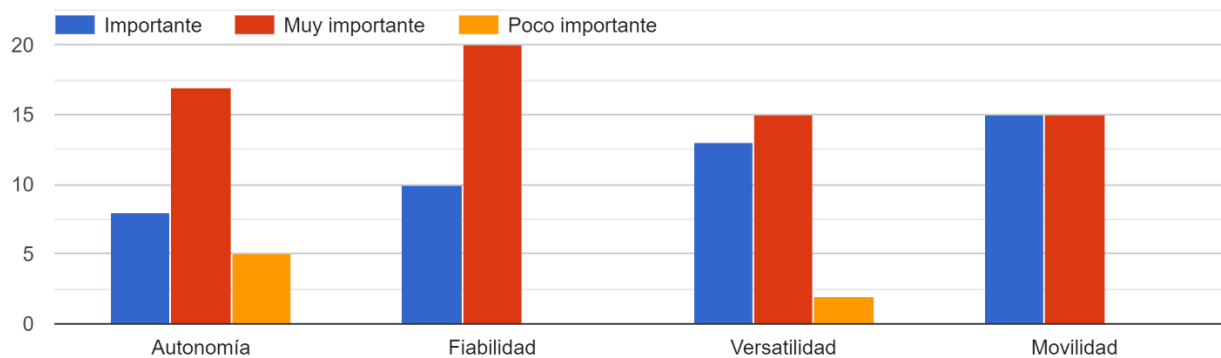
Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes funciones para lograr una mejor interacción hombre-máquina



##### Gráfico 2

*Resultados de interrogante: Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes características para lograr una mejor interacción hombre – máquina.*

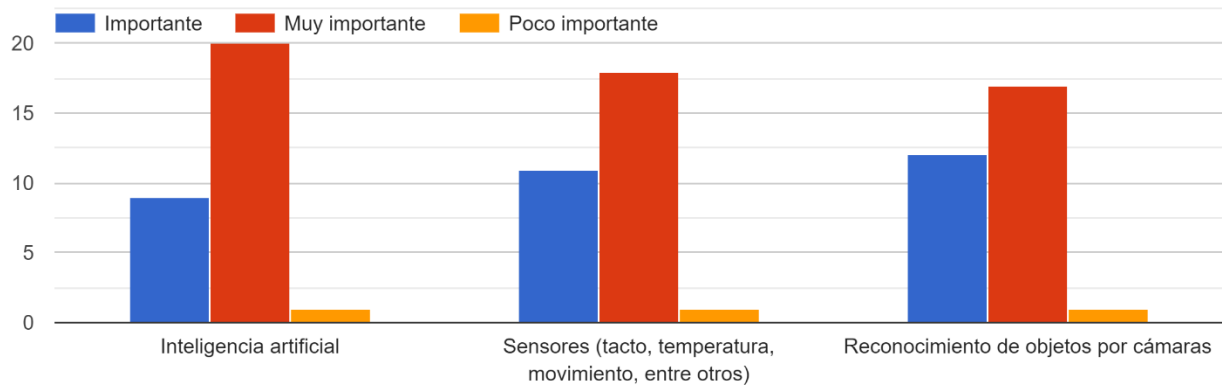
Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes características para lograr una mejor interacción hombre-máquina



### Gráfica 3

Resultados de interrogante: Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes tecnologías.

Valora la importancia que tiene el dotar a los robots sociales con las siguientes tecnologías

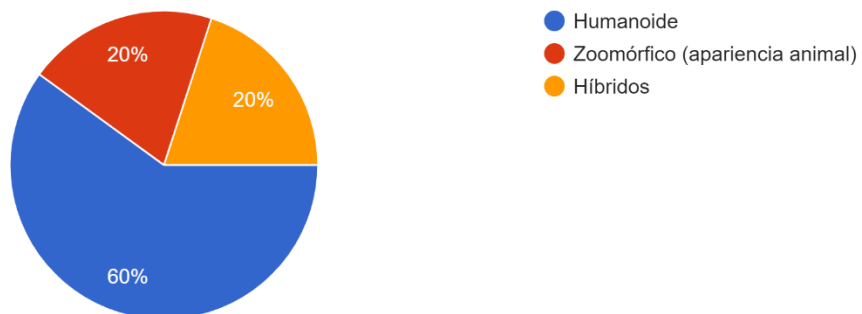


### Gráfico 4

Resultados de interrogante: ¿Qué apariencia cree que debería de tener un robot social para generar sensaciones de hospitalidad y amabilidad?

¿Qué apariencia cree que debería de tener un robot social para generar sensaciones de hospitalidad y amabilidad?

30 respuestas

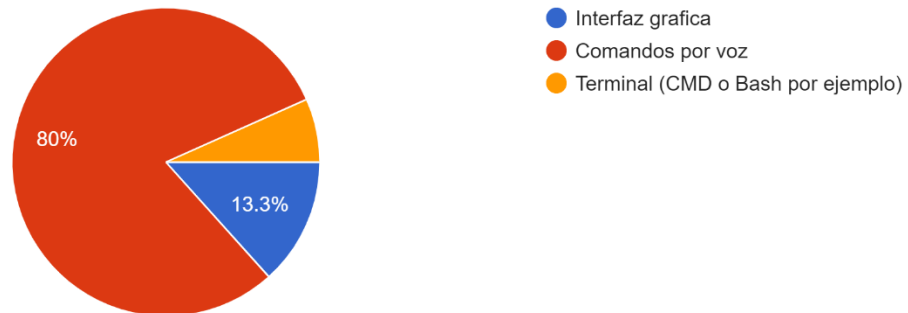


## Gráfico 5

Resultados de interrogante: *¿Cuál cree que es la mejor manera de controlar un robot social para que la interacción hombre – máquina sea más cómoda?*

¿Cuál cree que es la mejor manera de controlar un robot social para que la interacción hombre-maquina sea más cómoda?

30 respuestas



## 4.2. Desarrollo de la Aplicación

### 4.2.1 Fases del Desarrollo

Para realizar el presente proyecto, se utilizó la metodología SCRUM, la cual se resume en cinco (05) fases presentadas a continuación:

- Inicio: En esta etapa se estudia y analiza el proyecto identificando las necesidades básicas del Sprint, objetivo, formación de historias de usuario, creación de lista del producto, entre otras.
- Planificación y estimación: En esta fase es donde se crea la lista del Sprint y se provee la estimación a cada historia de usuario tomada de la lista del producto para el Sprint actual.



- Implementación: En este ciclo del proceso se crean los entregables; se agendan reuniones diarias, también llamadas Daily SCRUM, y se refinan las historias de usuario para el siguiente Sprint.
- Revisión y retrospectiva: En esta fase se revisa el trabajo completado del Sprint y se determinan cambios a realizar. Una vez se finaliza la verificación, se procede a la retrospectiva del Sprint, en donde se evalúan mejoras continuas del equipo, abordando las fortalezas y áreas de oportunidad.

**Figura 8**

*Ejemplo de fases de la metodología SCRUM*



*Nota: Tomada de Procesos Scrum [Diagrama], Diana Sánchez Araujo, 2019, [www.blog.softtek.com](http://www.blog.softtek.com)*

**4.2.1.1 Análisis.** Las fases de desarrollo del proyecto para la creación de robot social fueron implementadas utilizando la metodología SCRUM; mediante ésta fue factible solventar de manera ordenada y rápida en el tiempo establecido para la culminación del proyecto. A través de la creación de historias de usuario y la medición de la complejidad utilizando la puntuación, se logró determinar cuáles eran las prioridades en la creación del robot social, permitiendo así culminar el proyecto.

**4.2.1.2 Situación Actual.** El campo del reconocimiento y la simulación de emociones mediante la inteligencia artificial aún se encuentra en sus inicios, por lo cual se torna complejo encontrar robots sociales que tengan esta funcionalidad. Actualmente, los autómatas sociales toman como prioridad otras tecnologías para poder ayudar en diferentes áreas como por ejemplo la medicina.

La inteligencia artificial permite en la actualidad agregar características como el reconocimiento de emociones, facilitando que los robots o diferentes tecnologías tomen mejores decisiones; por lo cual, el no utilizar la inteligencia artificial en estos sistemas da como consecuencia el desaprovechamiento de las grandes ventajas que conlleva este tipo de innovaciones tecnológicas.

**4.2.1.3 Situación Optimizada.** Con la creación del robot social será factible mostrar la importancia que tiene el dotar a las máquinas con la simulación y el reconocimiento de las emociones, ya que esto permite tener un dialogo agradable y a la misma vez interactivo. La inteligencia artificial juega un papel muy importante para lograr que las máquinas puedan simular y reconocer las emociones, lo que admite que la comunicación con éstas sea mucho más participativa y genere mejores experiencias.

## 4.2.2 Planificación

**Tabla 1**

*Cronograma de la documentación.*

ACTIVIDADES	Meses	1				2				3				4			
	Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Definición de tema		■															
Título de tesis			■														
Resumen				■													
Abstract				■													
Introducción				■	■												
Elaboración del marco contextual					■	■											
Elaboración del marco teórico						■	■	■									
Elaboración del marco metodológico									■	■	■						
Elaboración de los resultados de la investigación											■	■	■				
Elaboración de la discusión y análisis de resultados												■	■				
Conclusiones													■	■			
Recomendaciones														■	■		
Referencias															■	■	
Anexos																■	■
Revisión de tesis																■	■

**Tabla 2**

*Cronograma de realización del proyecto.*

ACTIVIDADES	Meses	1				2				3				4			
	Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Crear mecanismo ocular		■	■														
Crear la boca y mandíbula del robot				■													
Crear el mecanismo de la cabeza					■												
Crear mecanismo de las cejas						■											
Crear algoritmo de servomotores							■										
Crear algoritmo para las matrices LED								■									
Configurar Adafruit y FTTT									■								
Configurar modulo WIFI										■							
Crear comunicación serial entre los microcontroladores											■						
Instalación del asistente de google en Raspberry PI												■					
Ensamblaje del robot social													■				
Utilizar OpenCV para reconocer emociones														■			
Crear comunicación serial entre laptop y Arduino															■		
Realizar pruebas y corregir fallos																■	

### 4.2.3 Desarrollo

**4.2.3.1 Arquitectura de Hardware.** El hardware utilizado en el desarrollo del proyecto fue Raspberry PI, el cual se utiliza para almacenar y utilizar el asistente virtual; el microcontrolador Arduino para controlar las matrices LED y; los servomotores y matrices LED para poder realizar las expresiones faciales; además contaba con módulo WIFI para recibir datos del asistente virtual a través de la nube; fuente de poder para alimentar sin inconvenientes todo el circuito; laptop para utilizar la librería OpenCV y reconocer emociones; micrófono y bocinas para él envío y respuesta de comandos por voz.

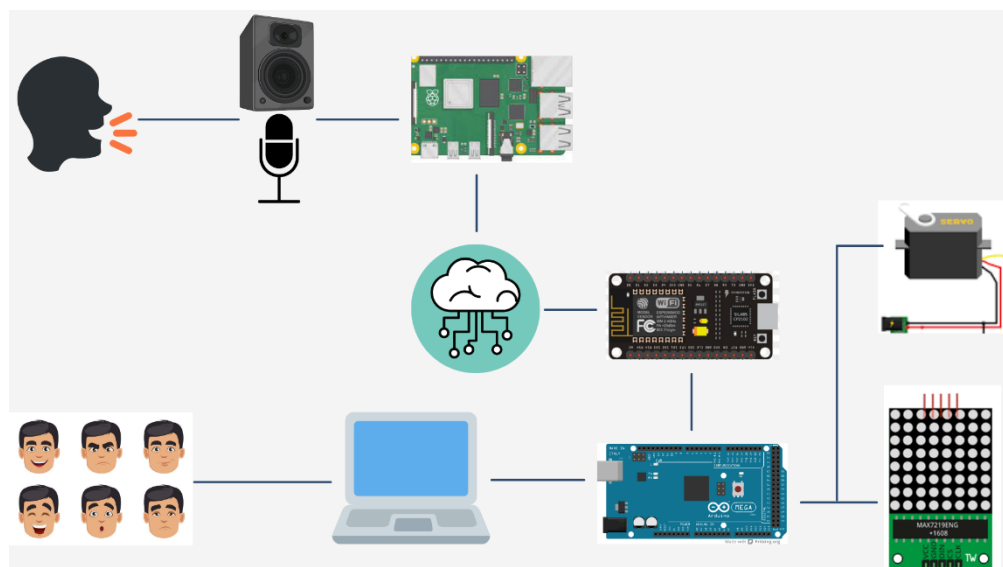
A continuación, se detallan aspectos técnicos de la arquitectura del hardware:

- Raspberry PI 3: CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz, RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM, Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11, Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps) GPIO de 40 pines, HDMI. 4 puertos USB 2.0.
- Microcontrolador Arduino DUE: Microcontrolador AT91SAM3X8E, voltaje de operación: 3.3V, voltaje recomendado de entrada (pin Vin): 7-12V, pines de entrada y salida digitales: 54 pines I/O, de los cuales 12 proveen salida PWM, pines de entrada analógicos: 12, pines de salida analógicos: 2, corriente de salida total en los pines I/O: 130mA, corriente DC máxima en el pin de 3.3V: 800mA, corriente DC máxima en el pin de 5V: 800mA, memoria Flash: 512 KB toda disponible para aplicaciones del usuario, SRAM: 96 KB (en dos bancos de: 64KB y 32KB).
- Módulo NodeMCU ESP8226: Procesador: ESP8266 @ 80MHz (3.3V) (ESP-12E), 4MB de memoria, FLASH (32 MBit), Wifi 802.11 b/g/n, Regulador 3.3V integrado (500mA), conversor USB-Serial CH340, función Auto-reset, 9 pines GPIO con I2C y SPI, 1 entrada analógica (1.0V Max), 4 agujeros de montaje (3mm), botón de RESET, entrada alimentación externa VIN (20V Max), Dimensiones: 57 x 30.4 x 10 mm
- Fuente de poder: marca: X-TECH, 500W

- Servomotores MG996R: Voltaje de operación: 4.8 V a 7.2 V, velocidad de operación: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V), torque detenido: 9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V), con rodillo doble, ángulo de rotación: 120°, banda muerta: 5 μs, peso: 55 g, dimensiones: Largo 40.7 mm, ancho 19.7 mm, altura 42.9 mm aprox.
- Servomotores SG90: Peso con cable y conector: 10.6 gramos, torque a 4.8 volts: 1.2 kg/cm, voltaje de operación: 4.0 a 7.2 volts, velocidad de giro a 4.8 volts: 120ms / 60 °
- Micrófono: Conexión USB.
- Bocinas: Marca: Manhattan, respuesta en frecuencia: 90 Hz – 20 kHz, relación señal a ruido (S/N): <80 dB, impedancia: 4 Ohms, potencia de salida: 3 W x 2, diámetro: 5 cm, todos los sistemas operativos que soporten USB, USB tipo A macho, 3.5 mm – macho, cables USB, 0.9 m 3.5 mm, 0.9 m.
- Laptop Lenovo IDEPAD: Procesador: Core I3-6100U @ 2.30GHz, RAM: 4GB, sistema operativo Windows 10 64bits, SSD 120GB.

## Figura 9

*Diagrama de la arquitectura del hardware.*

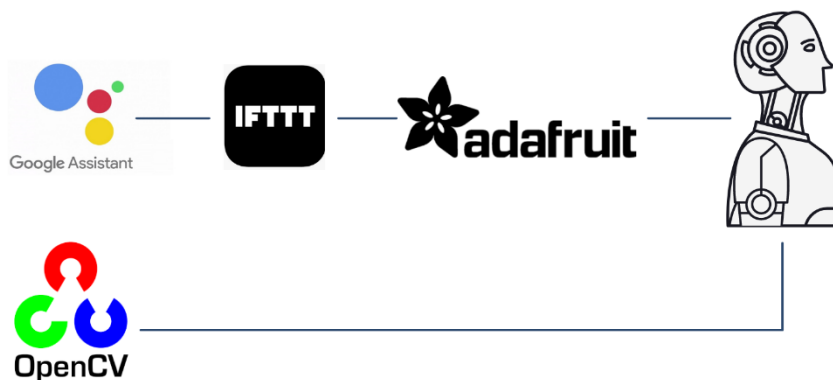


**4.2.3.2 Arquitectura de Software.** Ésta, puede describirse mediante el Asistente de Google, el cual permite la comunicación por voz con el robot social y, de igual manera, posibilita enviar diferentes comandos con las plataformas en la nube, tales como IFTTT y Adafruit que facilitan enlazar el Asistente de Google con el módulo WIFI, mediante la creación de feeds en Adafruit permitiendo almacenar datos que podrán ser consultados a través del módulo WIFI. Es importante mencionar que mediante IFTTT, es factible personalizar comandos del Asistente de Google y configurar la respuesta que se desee proporcionar; asimismo, IFTTT captura el comando antes de llegar a la API del Asistente de Google, permitiendo dar respuesta y realizar una acción, como por ejemplo enviar un dato a los feeds creados en Adafruit, para luego ser consultados por el módulo WIFI.

Por otra parte, OpenCV, permite el reconocimiento de emociones creando un clasificador de éstas. Es importante destaca que el proceso de establecimiento es sumamente sencillo, dada la amplia documentación que esgrime la librería de esta plataforma; por otro lado, para lograr que el robot social simule las emociones debe de haber una comunicación entre la computadora encargada de procesar OpenCV y el microcontrolador Arduino. Este envío de información a través de puertos serial permite captar información de la computadora e interpretar los datos para realizar la simulación de emociones.

**Figura 10**

*Diagrama de la arquitectura de software.*



## **Capítulo V**

### **Discusión y Análisis de Resultados**

#### **5.1. Discusión de Resultados**

##### ***5.1.1 Valora la Importancia que Tiene el Dotar a los Robots Sociales con las Siguietes Funciones para Lograr una Mejor Interacción Hombre - Máquina***

De acuerdo con los datos de la gráfica No. 01, la mayoría de los encuestados creen que la simulación de emociones, reconocimiento de emociones, comunicación por voz y simulación de movimientos son muy importantes para lograr una mejor interacción entre hombre - máquina, de acuerdo con los resultados obtenidos representados por el 53.33% (16 personas), 73.33% (22 personas), 66.67% (20 personas), 53.33% (16 personas) respectivamente. Por otro lado, la minoría de los participantes que se sometieron a la encuesta, correspondiente al 46.67%, 26.67%, 33.33%, 46.67% respectivamente, consideran que son importantes o poco importantes para lograr una mejor interacción entre hombre - máquina.

Los resultados que corresponden a esta valoración hacen notar que incorporar funcionalidades como la simulación y reconocimiento de emociones, comunicación por voz y simulación de movimientos crean una mejor interacción entre hombre - máquina.

##### ***5.1.2 Valora la Importancia que Tiene el Dotar a los Robots Sociales con las Siguietes Características para Lograr una Mejor Interacción Hombre - Máquina***

En correspondencia con los datos de la gráfica No. 02, la mayoría de los encuestados consideran que la autonomía, fiabilidad y versatilidad son elementos muy importantes para lograr una mejor interacción entre hombre - máquina, representados por el 56.67% (17 personas), 66.67% (20 personas), 50% (15 personas) respectivamente. Por otro lado, la muestra indica que la movilidad tiene un 50% (15 personas) de importancia, mientras que el otro 50% (15 personas) cree que es de mucha importancia dotar a los robots con estas características.

Los resultados que corresponden a esta valoración hacen notar que incorporar características como la autonomía, fiabilidad, versatilidad y movilidad crean una mejor interacción entre hombre - máquina.

### ***5.1.3 Valora la Importancia que Tiene el Dotar a los Robots Sociales con las Siguietes Tecnologías***

Según los resultados obtenidos, la gráfica No. 03, evidencia que la mayoría de los encuestados, representados por el 66.67% (20 personas), 60% (18 personas), 56.67% (17 personas) respectivamente, creen que la inteligencia artificial, sensores y reconocimiento de objetos a través de cámaras son tecnologías muy importantes con las que se debe dotar a los robots sociales. Por otro lado, la minoría de los participantes, que corresponden al 33.33%, 40%, 43.33% respectivamente, afirman que estas tecnologías son importantes o poco importantes al momento de dotar a los robots sociales con ellas.

Los resultados que corresponden a esta valoración hacen notar que incorporar tecnologías como la inteligencia artificial, sensores y reconocimiento de objetos a través de cámaras es un valor agregado y sumamente importante para los robots sociales ya que permiten una mejor interacción con el usuario y las funcionalidades.

### ***5.1.4 ¿Qué Apariencia Crees que Debería de Tener un Robot Social para Generar Sensaciones de Hospitalidad y Amabilidad?***

De acuerdo con los datos de la gráfica No.04, la mayoría de los encuestados, representados por el 60% (18 personas), consideran que la apariencia humanoide es la que debería tener un robot social para generar sensaciones de hospitalidad y amabilidad. Por otro lado, un porcentaje menor de partícipes afirman que la apariencia híbrida y zoomórfica es el aspecto recomendado para generar sensación de hospitalidad y amabilidad, representados con un 20% de votos para la apariencia híbrida y otro 20% eligieron el aspecto zoomórfico.

Los resultados que corresponden a esta interrogante evidencian que la apariencia humanoide, según los encuestados, es el aspecto que debería de tener un robot social para generar sensaciones de hospitalidad y amabilidad.



### ***5.1.5 ¿Cuál Crees que es la Mejor Manera de Controlar un Robot Social para que la Interacción Hombre - Máquina sea más Cómoda?***

De acuerdo con los datos de la gráfica No. 05, la mayoría de los encuestados, representados por el 80% (24 personas), consideran que la mejor manera de controlar un robot social es a través de comandos por voz. Por otro lado, la minoría de las personas que se sometieron a la encuesta indican que controlar un robot social por interfaz gráfica y una terminal es la mejor forma, estos resultados corresponden a un 13.3% para las personas que escogieron interfaz gráfica y 6.7% para participantes que escogieron por medio de una terminal.

Los resultados que corresponden a esta pregunta hacen notar que los comandos por voz es la mejor manera de controlar un robot social.

## **5.2. Utilidad de la Aplicación**

### ***5.2.1 Simulador de Alegría***

La alegría, es la primera emoción que el robot social logra ejecutar, para que ésta pueda ser expresada se establecen ciertos parámetros que los diferentes mecanismos deben de hacer, los cuales son:

- Mecanismo de cejas debe moverse en un ángulo de setenta grados ( $70^\circ$ ) para la ceja izquierda y ciento diez ( $110^\circ$ ) para la ceja derecha.
- Mecanismo ocular debe de estar centrado en cero grados ( $0^\circ$ )
- Matrices LED deben de formar una figura correspondiente a una sonrisa.
- Mecanismo de la cabeza debe de estar centrado a cero grados ( $0^\circ$ ).

Estableciendo estos parámetros, el robot social logra simular la emoción de alegría; para alcanzar que esta función sea activada, el usuario lo debe de hacer a través de la interacción utilizando comandos por voz, tales como:

- Simula alegría.
- Expresa alegría.
- Muéstrame tu rostro de alegría.

## Figura 11

*Ejemplo de robot social simulando alegría.*



### 5.2.2 Simulador de Tristeza

Para lograr que el robot social simule la emoción de tristeza se establecen los siguientes parámetros:

- Mecanismo de las cejas debe moverse en un ángulo de setenta grados ( $70^\circ$ ) para la ceja izquierda y ciento diez grados ( $110^\circ$ ) para la ceja derecha.
- Mecanismo ocular debe de moverse en un ángulo de ciento veinte grados ( $120^\circ$ ).
- Matrices LED debe de formar una figura correspondiente a una boca que simule tristeza.
- Mecanismo de la cabeza que permite moverla de arriba abajo debe girar ciento treinta grados ( $130^\circ$ ).

Estableciendo estos parámetros, el robot social logra simular la emoción de tristeza. Para lograr la interacción utilizando los siguientes comandos por voz el robot social logra activar esta función:

- Simula tristeza.
- Expresa tristeza.
- Muéstrame tu rostro de tristeza.

## Figura 12

*Ejemplo de robot social simulando tristeza.*



### 5.2.3 Simulador de Miedo

El miedo, es considerado una emoción básica, ésta es factible simularla por robot social, utilizando los siguientes parámetros:

- Mecanismo de las cejas debe moverse en un ángulo de setenta grados ( $70^\circ$ ) para la ceja izquierda y ciento diez grados ( $110^\circ$ ) para la ceja derecha.
- Mecanismo ocular debe de estar centrado en cero grados ( $0^\circ$ ).
- Matrices LED deben de formar una figura correspondiente a una forma que simule miedo.

- Mecanismo de la cabeza debe de estar centrado a cero grados (0°).

Una vez establecidos los parámetros se logra que el robot social pueda activar esta función utilizando los siguientes comandos:

- Simula miedo.
- Expresa miedo.
- Muéstrame tu rostro de miedo.

### **Figura 13**

*Ejemplo de robot social simulando miedo.*



#### ***5.2.4 Simulador de Disgusto***

El disgusto es una de las emociones más complejas para ser simuladas debido a la cantidad de características con las que debe de contar un robot social en el rostro, para lograr realizar dicha simulación, se establecen los siguientes parámetros:

- Mecanismo de las cejas debe estar establecido en un ángulo de ciento diez grados ( $110^\circ$ ) para la ceja derecha y cero grados ( $0^\circ$ ) para la ceja izquierda.
- Mecanismo ocular de derecha e izquierda debe moverse en setenta grados ( $70^\circ$ ) y el mecanismo ocular de arriba abajo debe moverse en sesenta grados ( $60^\circ$ ).
- Matrices LED deben de formar una figura correspondiente al disgusto.
- Mecanismo de la cabeza debe moverse noventa y cinco grados ( $95^\circ$ ) a la izquierda y sesenta grados ( $60^\circ$ ) hacia arriba.

Estableciendo estos parámetros el robot social logra simular la emoción de disgusto. Para que sea actividad esta función, el usuario debe a través de la interacción utilizar comandos por voz, tales como:

- Simula disgusto.
- Expresa disgusto.
- Muéstrame tu rostro de disgusto.

#### **Figura 14**

*Ejemplo de robot social simulando disgusto.*



### 5.2.5 Simulador de Enfado

El nivel de complejidad para lograr que el robot social simule enfado es menor en comparación con las otras emociones; a continuación, se describen los parámetros utilizados:

- Mecanismo de las cejas debe moverse en un ángulo de ciento diez grados ( $110^\circ$ ) para la ceja izquierda y setenta grados ( $70^\circ$ ) para la ceja derecha.
- Mecanismo ocular debe de estar centrado en cero grados ( $0^\circ$ ).
- Matrices LED deben de formar una figura correspondiente a enfado.
- Mecanismo de la cabeza debe de estar centrado a cero grados ( $0^\circ$ ).

Los comandos que se deben utilizar para lograr activar esta función son las siguientes:

- Simula enfado.
- Expresa enfado.
- Muéstrame tu rostro de enfado.

#### Figura 15

*Ejemplo de robot social simulando enfado.*



### 5.2.6 Simulador de Sorpresa

La sorpresa es la última de las emociones básicas humanas establecidas para el robot social; para lograr representarla se establecen los siguientes parámetros:

- Mecanismo de las cejas debe moverse en un ángulo de setenta grados ( $70^\circ$ ) para la ceja izquierda y ciento diez grados ( $110^\circ$ ) para la ceja derecha.
- Mecanismo ocular debe de estar centrado en cero grados ( $0^\circ$ ).
- Matrices LED deben de formar la imagen de una boca que figure sorpresa.
- Mecanismo de la cabeza debe de estar centrado a cero grados ( $0^\circ$ ).

Con los parámetros ya establecidos lo único que necesita el robot social para lograr activar esta función es ingresar los siguientes comandos a través de los comandos por voz:

- Simula sorpresa.
- Expresa sorpresa.
- Muéstrame tu rostro de sorpresa.

#### Figura 16

*Ejemplo de robot social simulando sorpresa.*



### ***5.2.7 Interacción con el Robot Social***

Una de las funcionalidades más importantes del robot social es la interacción con el usuario, ya que ésta debe de generar buenas sensaciones y ser lo más natural posible. El robot social está configurado para que a través de una conversación realice gestos aleatoriamente como suele ser entre dos personas. Realizando esta funcionalidad, la comunicación logra ser más interactiva y generar una buena experiencia al momento de dialogar con el robot social.

#### **Figura 17**

*Ejemplo de interacción con robot social.*



### ***5.2.8 Simulación Mediante Reconocimiento de Emociones***

Por otro lado, dentro de las funcionalidades que ofrece el robot social, es el poder reconocer las emociones de alegría, enojo y sorpresa; esta caracterización se logró utilizando la librería de Python y OpenCV. Es importante destacar que el poder reconocer las emociones anteriormente mencionadas, permite que al robot social ofrecer otra forma de poder simular las emociones,



mediante el envío de datos específicos al microcontrolador Arduino en base al reconocimiento de la emoción en el momento.

**Figura 18**

*Ejemplo de reconocimiento de emociones.*



## **Capítulo VI**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

#### **6.1 Conclusiones**

El proyecto de tesis realizado llevó a determinar que los diferentes mecanismos de movimiento de la cabeza del robot social utilizados para el desarrollo del mismo son partes fundamentales para lograr tener una agradable experiencia y naturalidad en el momento de la interacción entre usuario y autómatas; por otro lado, la movilidad como característica de un robot social también es muy importante, puesto que los resultados de la encuesta aplicada a los profesionales del área de ingeniería en sistemas así lo manifestaron.

La creación de algoritmos capaces de poder manipular los diferentes dispositivos electrónicos es muy importante, dado que esto permite lograr que el robot social pueda realizar diferentes simulaciones de las emociones básicas; asimismo, permiten generar diferentes patrones colocados en funciones de programación, logrando así el fácil uso de las expresiones al momento de ser activadas.

El uso de plataformas en la nube son pieza fundamental para lograr la comunicación entre los diferentes módulos que componen al robot social, ya que éstas permiten configurar los comandos para que, a través de la voz, se puedan activar las diferentes funciones de simulación.

La inteligencia artificial es una de las tecnologías más importantes con las que se debe dotar a un robot social, según los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los profesionales del área de ingeniería. Gracias a esta tecnología se permite generar diálogos entre hombre - máquina naturales e interactivos, también, se logran reconocer las diferentes emociones básicas humanas facilitando la simulación de emociones.

## **6.2 Recomendaciones**

Considerando las conclusiones esbozadas del presente proyecto, se recomienda continuar dotando a los robots sociales, y diferentes autómatas, con la funcionalidad de simular y reconocer emociones ya que esto se puede ser de provecho de gran manera al momento de querer que las máquinas tengan una mejor reacción interactuando con las personas.

Es importante que la inteligencia artificial sea tomada en cuenta al momento de la creación de un robot ya que esto permite obtener mejores resultados. Una de las funcionalidades que puede tener es que el ser humano no tenga que pasar configurando gran parte del tiempo, si no que esta aprenda por sí misma y se vaya adaptando a las circunstancias. Por eso es fundamental avanzar en la optimización de la inteligencia artificial y utilizarla en los diferentes dispositivos del mercado.

## Referencias

- Alviz, J. (2012). *InMoov, el robot Open Source que podrás imprimirte en casa*. Obtenido de clipset: <https://clipset.com/inmoov-el-robot-open-source-que-podras-imprimirte-en-casa/>
- Araujo, D. S. (28 de Marzo de 2019). *Procesos Scrum*. Obtenido de blog.softtek: <https://blog.softtek.com/es/waterfall-vs-agile>
- Arduino. (2022). *Arduino Due [Fotografía]*. Obtenido de store.arduino: <https://store.arduino.cc/products/arduino-due>
- Asis Rodríguez. (25 de Noviembre de 2015). *Ejemplo de SoM sistemas en módulos*. Obtenido de [www.industriaembebidahoy.com](http://www.industriaembebidahoy.com): <https://www.industriaembebidahoy.com/sistemas-en-modulos-y-ordenadores-de-placa-reducida-hacer-o-comprar/>
- Castañón, N. (18 de Junio de 2021). *Este robot puede copiar expresiones faciales y manifestar emociones*. Obtenido de EL ESPAÑOL: [https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20210618/robot-puede-copiar-expresiones-faciales-manifestar-emociones/589942390\\_0.html](https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20210618/robot-puede-copiar-expresiones-faciales-manifestar-emociones/589942390_0.html)
- Ferrer, N. (26 de Mayo de 2003). *Microcontrolador [Diagrama]*. Obtenido de upcommons: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/185135/40184-3452.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gustavo Dumortier. (26 de Abril de 2017). *ASUS Tinker Board [Fotografía]*. Obtenido de itsitio: <https://www.itsitio.com/us/computadoras-placa-unica-negocios-embebidos/>
- Guzmán, G. C. (2020). *Robots emocionales: la empatía de las máquinas*. Obtenido de comoves: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/231/robots-emocionales-la-empatia-de-las-maquinas>
- Holgado, R. (27 de 06 de 2021). *Así es EVA, el robot que imita las expresiones faciales humanas y simula emociones*. Obtenido de 20minutos: <https://www.20minutos.es/tecnologia/moviles-dispositivos/asi-es-eva-el-robot-que-imita-las-expresiones-faciales-humanas-y-simula-emociones-4742634/?autoref=true>

Liu, S. (26 de 02 de 2021). *Enseñar a los robots a sentir*. Obtenido de EL PAIS:  
<https://elpais.com/ciencia/2021-02-26/ensenar-a-los-robots-a-sentir.html>

Lopérfido, V. C. (4 de Septiembre de 2020). *Las emociones básicas de Paul Ekman*. Obtenido de psicocode: <https://psicocode.com/psicologia/las-emociones-basicas-paul-ekman/>

Raspberry. (2022). *Raspberry Pi 3 Model B [Fotografía]*. Obtenido de raspberrypi:  
<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>

SCRUM. (2022). *SCRUM FRAMEWORK [DIAGRAMA]*. Obtenido de SCRUM.ORG:  
<https://www.scrum.org/resources/scrum-framework-poster>

## Anexos

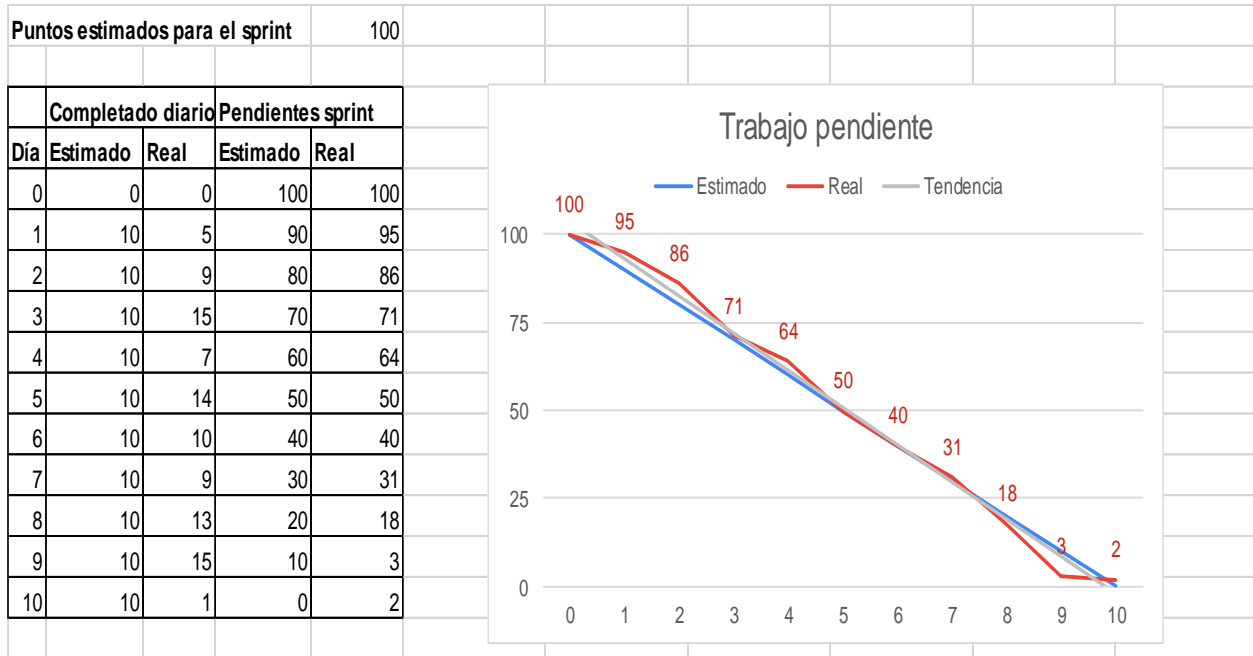
### Anexo A. Plantilla de Historias de Usuario

Título:		Puntos
Como		
Quiero		
Para		

### Anexo B. Sección Criterios de Aceptación

Criterios de aceptación:	
Información adicional:	

## Anexo C. Medición para el Avance del Proyecto



# Anexo D. Esquema Circuito Electrónico

