



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ROBOT ASISTENTE
PERSONAL**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

CHRISTIAN ALEJANDRO MARÍN CASTILLO

DIRECTOR: ING. ANÍBAL MANTILLA MSc.

Quito, Agosto 2018

© Universidad UTE 2018
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719139741
APELLIDO Y NOMBRES:	Marín Castillo Christian Alejandro
DIRECCIÓN:	Calle Salima OE-1-55 y Urdaneta
EMAIL:	chmarincastillo@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	023080593
TELÉFONO MOVIL:	0993361118

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	Diseño y construcción de robot asistente personal
AUTOR O AUTORES:	Sr. Christian Marín
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Agosto 2018
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Aníbal Mantilla MSc.
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
RESUMEN:	<p>Este documento presenta el desarrollo de un robot asistente personal para conductores de vehículos, tomando como referencia las estadísticas de la Agencia Nacional de Tránsito, en las cuales se constata que la causa principal de los accidentes es por la distracción y el uso de dispositivos tecnológicos como celulares y pantallas de video al momento de conducir. Haciendo un estudio minucioso de esta problemática, se determinó los requerimientos técnicos para aportar una solución ingenieril a través de un medio tecnológico coadyuvante, haciendo uso de métodos de programación, plataformas de código abierto, diseño de sistema de control en lazo abierto, y herramientas de visión artificial OpenCV, para reconocer morfología de rostros y ojos, principalmente. Se desarrolló un prototipo completamente operativo, en el cual fueron aplicadas exitosamente, técnicas de</p>

desarrollo de ingeniería, así mismo el código escrito y diseñado en base a la norma ISO 25000 para desarrollo de software. Fue posible determinar el grado de distracción del conductor y fiabilidad del equipo asistente, por medio de pruebas de ruta, proporcionando las alertas con el nivel de severidad requerido de acuerdo con el diseño establecido para el desarrollo del proyecto. Se logró una eficacia del sistema en 72% aproximadamente, lo cual es un valor elevado si se considera las malas condiciones en que se encuentran las vías, que propenden a una pérdida de eficiencia de todos los sistemas que operan en el vehículo. El documento se estructura en 6 capítulos que son: introducción, metodología y diseño, construcción, pruebas y análisis de resultados, conclusiones y, recomendaciones.

PALABRAS CLAVES:

Robot asistente, conducción vehicular, distracción, accidentes de tránsito

ABSTRACT:

This document presents the development of a personal assistant robot for vehicle drivers, taking as a reference the statistics of the National Traffic Agency, which states that the main cause of accidents is the distraction and the use of technological devices such as Cell phones and video screens at the time of driving. Making a detailed study of this problem, we determined the technical requirements to provide an engineering solution through a collaborative technological means, making use of programming methods, open source platforms, design of open loop control system, and tools for artificial vision OpenCV, to recognize morphology of faces and eyes mainly. A fully operational prototype was developed, in which engineering development techniques were applied successfully, as well as the written code and designed based on the ISO 25000 standard for software development. It was possible to determine the degree of

KEYWORDS	driver distraction and reliability of the assistant team, by means of road tests, providing the alerts with the level of severity required according to the design established for the development of the project. An efficiency of the system was achieved in approximately 72%, which is a high value considering the bad conditions in which the tracks are located, which tend to a loss of efficiency of all the systems operating in the vehicle. The document is structured in 6 chapters that are: introduction, methodology and design, construction, testing and analysis of results, conclusions and recommendations.
	Assistant robot, vehicular driving, distraction, traffic accidents

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



MARÍN CASTILLO CHRISTIAN ALEJANDRO

CI: 1719139741

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CHRISTIAN ALEJANDRO MARÍN CASTILLO**, CI 1719139741 autor del proyecto titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ROBOT ASISTENTE PERSONAL** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, ... 28 ... de ... Septiembre ... del 2018



MARÍN CASTILLO CHRISTIAN ALEJANDRO

CI: 179139741

DECLARACIÓN

Yo **CHRISTIAN ALEJANDRO MARÍN CASTILLO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Christian Alejandro Marín Castillo

C.I. 1719139741

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Diseño y construcción de robot asistente personal”, que, para aspirar al título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** fue desarrollado por **CHRISTIAN ALEJANDRO MARÍN CASTILLO**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Aníbal Rubén Mantilla Guerra, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1711996122

DEDICATORIA

A mi madre Judith Castillo por ser la guía durante toda mi vida, darme siempre su amor, su confianza y ser aquella persona que me inspiro a tener disciplina y a ser perseverante; a la memoria de mi difunto padre Alejandro Marín y a todas aquellas maravillosas personas que me han ayudado en la culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi director Ingeniero Aníbal Mantilla, por su ayuda y orientación para que este trabajo pueda ser concluido, así mismo por la confianza depositada en mí y brindarme su apoyo durante todo el desarrollo del presente proyecto.

A mi madre Judith Castillo por su amor y apoyo incondicional, durante mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Accidentes de tránsito en el Ecuador	3
1.2 Robots asistentes personales.....	5
1.3 Tendencias tecnológicas de la robótica en la industria automotriz	10
2. METODOLOGÍA Y DISEÑO	11
2.1 MÉTODO DE VISION ARTIFICIAL.....	11
2.1.1 VISIÓN ARTIFICIAL	11
2.1.2 DETECCIÓN FACIAL.....	12
2.1.3 LA PARAMETRIZACIÓN O SELECCIÓN DE RASGOS	12
2.1.4 DESCRIPTORES DE REGIÓN	12
2.1.5 MOMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA REGIÓN	13
2.1.6 MOMENTOS GEOMÉTRICOS INVARIANTES DE UNA REGIÓN	13
2.2 MÉTODO PARA EL DISEÑO DEL HARDWARE	16
2.2.1 TARJETA MICROCONTROLADORA ARDUINO	17
2.2.2 TARJETA MICROPROCESADA RASPBERRY PI.....	17
2.3 MÉTODO GLOBAL PARA EL DISEÑO DEL SOFTWARE.....	17
2.4 MÉTODO ESPECÍFICO DE DISEÑO DEL SOFTWARE	19
2.5 MÉTODO DE PROTOTIPAJE	21
2.6 DISEÑO DEL SISTEMA	23
2.6.1 DISEÑO DEL HARDWARE	23
2.6.2 DISEÑO DEL SOFTWARE	26
3. CONSTRUCCIÓN	30
3.1 MANUFACTURA DE LA CARCASA.....	30
3.2 mANUFACTURA DEL HARDWARE	32
4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	34
4.1 PRUEBAS y resultados	34
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Características utilizadas de la tarjeta electrónica	24
Tabla 2. Características de la tarjeta electrónica secundaria	24
Tabla 3. Características pantalla TFT	24
Tabla 4. Módulo de cámara de Raspberry Pi	25
Tabla 5. Características de los servomotores.....	25
Tabla 6. Características de la batería.....	25
Tabla 7. Características del módulo amplificador de audio	25
Tabla 8. Lista de control de reconocimiento	35
Tabla 9. Porcentaje de acierto, ida	38
Tabla 10. Porcentaje de acierto, regreso.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Cifras totales de siniestralidad mostradas por su causa	3
Figura 2. Robot Robohon	6
Figura 3. Robot Kirobo mini.....	7
Figura 4. Robot Hermes	7
Figura 5. Robot URSUS	9
Figura 6. Robot asistencial Moley	9
Figura 7. Panel del asistente del Mercedes Benz Clase E.....	11
Figura 8. Representación gráfica de las etapas del proceso de desarrollo	10
Figura 9. Segmentación escala de grises	15
Figura 10. Ecualización de escala de grises	15
Figura 11. Haar-Like Features.	16
Figura 12. Integración de componentes.....	17
Figura 13. Modelo de ciclo de vida incremental	20
Figura 14. Sistemas de detección de somnolencia de visión por computador existentes en el mercado	21
Figura 15. Vista en perspectiva del case del robot asistente virtual.....	22
Figura 16. Impresora 3D, basada en CNC, empleada para manufacturar el case.....	22
Figura 17. Arquitectura del sistema.....	23
Figura 18. Sistema electrónico computacional diseñado	26
Figura 19. Procesos y funcionamiento del sistema	27
Figura 20. Arquitectura Básica del Software del sistema.....	28
Figura 21. Algoritmo de funcionamiento del sistema.....	29
Figura 22. Suma de elementos de Hardware y Software.....	30
Figura 23. Vista frontal y en perspectiva isométrica del case.....	30
Figura 24. Impresora de partes en 3D	31
Figura 25. Piezas impresas en 3D terminadas.....	31
Figura 26. Robot asistente personal, seccionado en el cual se visualizan los componentes dentro de la carcasa	32
Figura 27. Vista en perspectiva de los componentes electrónicos del robot asistente	32
Figura 28. Prototipo ensamblado con todas sus partes	33
Figura 29. Interior de la cabina del vehículo en el que se llevaron a cabo las pruebas del prototipo.....	34
Figura 30. Límites de velocidad para vehículos livianos y motos.....	35
Figura 31. Algunos valores de luminosidad bajo los cuales opera el sistema.....	36
Figura 32. Variación lumínica a través del tiempo de prueba	36
Figura 33. Valores medidos de dB durante la prueba	37
Figura 34. Escala de decibelios con diferentes intensidades de sonido	37
Figura 35. Ruta establecida	38
Figura 36. Control de aciertos del robot asistencial relación a la iluminación de la cabina.....	39

	PÁGINA
Figura 37. Estado de muchas vías en la ciudad de Quito	40
Figura 38. Mapa de la Red Vial Estatal.....	41
Figura 39. Incremento sonoro al momento de la ejecución de las alertas .	41

RESUMEN

Este documento presenta el desarrollo de un robot asistente personal para conductores de vehículos, tomando como referencia las estadísticas de la Agencia Nacional de Tránsito, en las cuales se constata que la causa principal de los accidentes es por la distracción y el uso de dispositivos tecnológicos como celulares y pantallas de video al momento de conducir. Haciendo un estudio minucioso de esta problemática, se determinó los requerimientos técnicos para aportar una solución ingenieril a través de un medio tecnológico coadyuvante, con el uso de métodos de programación, plataformas de código abierto, diseño de sistema de control en lazo abierto, y herramientas de visión artificial OpenCV; para reconocer morfología de rostros y ojos principalmente. Se desarrolló un prototipo completamente operativo, en el cual fueron aplicadas exitosamente, técnicas de desarrollo de ingeniería, así mismo el código escrito y diseñado en base a la norma ISO 25000 para desarrollo de software. Fue posible determinar el grado de distracción del conductor y fiabilidad del equipo asistente, por medio de pruebas de ruta, proporcionando las alertas con el nivel de severidad requerido de acuerdo al diseño establecido para el desarrollo del proyecto. Se logró una eficacia del sistema en 72% aproximadamente, lo cual es un valor elevado si se considera las malas condiciones en que se encuentran las vías, que propenden a una pérdida de eficiencia de todos los sistemas que operan en el vehículo. El documento se estructura en 6 capítulos que son: introducción, metodología y diseño, construcción, pruebas y análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

ASBTRACT

This document presents the development of a personal assistant robot for vehicle drivers, taken from the statistics of the National Traffic Agency; It states that the main cause of accidents is the distraction of the use of technological devices such as cell phones and video screens at the time of driving. Making a detailed study of this problem, we determined the technical requirements to provide engineering solution through a collaborative technological means, with the use of programming methods, open source platforms, a design of open loop control system, and tools for artificial vision OpenCV; to recognize the morphology of mainly faces and eyes. A fully operational prototype was developed, in which engineering development techniques were applied successfully, as well as the written code and designed based on the ISO 25000 standard for software development. It was possible to determine the degree of driver distraction and the reliability of the equipment, by means of road tests, giving the necessary as to the level of severity that is required according to the design established for the development of the project. An efficiency the system wich was achieved in approximately 72% of the time. This is a high percentage considering the bad conditions of the roads are located, It tended towards a loss of efficiency of all the systems operating in the vehicle. The document is structured in 5 chapters which have the introduction, methodology and design, construction, testing and analysis of results, conclusions and recommendations.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL ECUADOR

El Ecuador es un país en el cual, se ha incrementado de forma drástica tanto el comercio como el uso de automotores; esto se ha visto reflejado en un mayor índice de siniestralidades como sugieren las cifras de la Agencia Nacional de Tránsito.

Según las cifras de la ANT del Ecuador para diciembre del 2017, aumentó el número de fallecimientos y heridos; las causas de accidentes son múltiples, siendo la principal, el conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor), otras son: el exceso de velocidad e incumplimiento de las leyes de tránsito, o ejercer la conducción bajo el efecto de alcohol o de sustancias psicoactivas, que alteran el normal funcionamiento del sistema nervioso central.

Las principales causas de accidentes de tránsito, según los datos de la Agencia Nacional de Tránsito a 31 de diciembre del 2017, son:

1. Conducir desatento a las condiciones de tránsito, por cualquiera de las siguientes acciones mientras se conduce: utilizar el celular o pantallas de video, ingerir comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor.
2. Conducir vehículo superando los límites máximos de velocidad.
3. No respetar las señales reglamentarias de tránsito (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.).
4. No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede.
5. Conducir bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.

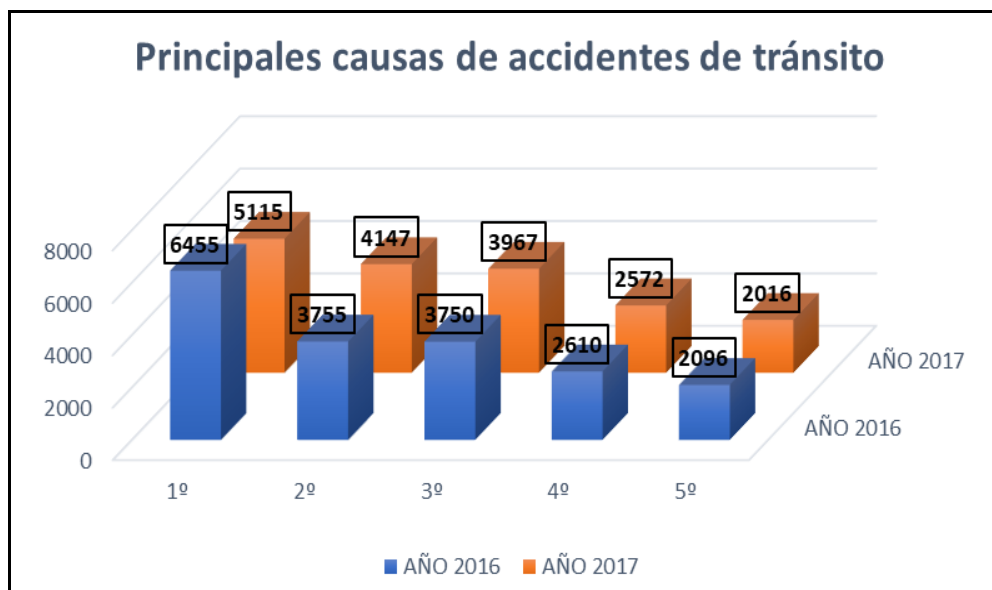


Figura 1. Cifras totales de siniestralidad mostradas por su causa

Al constatar las cifras que se tomaron de la Agencia Nacional de Tránsito en la figura 1, se evidencia que la principal causa de siniestralidad es conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor), se observa que a pesar de haber una reducción en el número de siniestralidades en el año 2017 con respecto al año 2016, todavía se mantiene un valor elevado, de esta manera, la reducción en porcentaje es de un 20,76%, esta es una de las principales razones por la cual se producen accidentes de tránsito que pueden llegar a ser incluso mortales, (Agencia Nacional de Tránsito, 2017).

La segunda causa más común de accidentes es conducir el vehículo superando los límites de velocidad. Si bien en el año 2016 fue de 3755, con la del año 2017 de 4147, hay un incremento porcentual de 9,45%, este incremento podría deberse al aumento de radares y de fotomultas ubicados en lugares estratégicos, los cuales suben al sistema informático de forma instantánea la infracción y crean la respectiva multa que debe pagar el infractor, (Agencia Nacional de Tránsito, 2017).

Las cifras de la tercera causa de siniestralidad es no respetar las señales de tránsito: en el año 2016, 3750 frente a las 3967 del año 2017. Se muestra un incremento del 5,47%, este leve incremento puede deberse a la causa anteriormente expuesta, (Agencia Nacional de Tránsito, 2017).

Otra de las causas de mayor siniestralidad es no mantener la distancia adecuada de seguridad con el vehículo frontal o posterior. En el año 2017 las estadísticas demuestran una reducción de 1,45% con respecto al año 2016, en el índice de accidentes de tránsito según los estudios de la Agencia Nacional de Tránsito, (Agencia Nacional de Tránsito, 2017).

Finalmente, las cifras por conducir bajo la influencia del alcohol, en el año 2016 fue de 2096 y en el año 2017 de 2016, las cuales se ven reducidas en un 3,81%, esto principalmente puede deberse a los controles que se realizan periódicamente los agentes de tránsito, arbitrariamente y sin previo aviso en cualquier lugar del territorio nacional, (Agencia Nacional de Tránsito, 2017).

Los conductores ya no se arriesgan a ser fuertemente multados y perder puntos de su licencia. Si bien es de elogiar el trabajo que ha venido realizando la ANT en su continua lucha por disminuir el número de accidentes a nivel nacional con sus continuos controles y campañas de prevención, es de recalcar que no ha podido contrarrestar la cifra elevada de accidentes debido a factores distractores. Los datos que se recogen son reveladores y se podría prever que esta causa seguirá aumentando en el presente año 2018.

Se podría disminuir el número de siniestros, si es que el conductor contase con un asistente vehicular para que mantenga su atención mientras conduce. Para disminuir este índice de siniestralidad, se propone el diseño y construcción de un asistente personal vehicular para ayudarlo a permanecer

concentrado al momento de conducir el vehículo y evitar que se distraiga, haciendo que el conductor sea consciente del peligro que supone un lapsus de pocos segundos al distraerse del entorno por el cual transita.

Los objetivos específicos del presente proyecto son:

- Diseñar un robot capaz de ayudar al conductor en trayectos largos y cortos, para que se mantenga alerta y concentrado al momento de ejercer la conducción de su vehículo.
- Desarrollar un software de control e interface del robot asistente basado en la normativa de calidad ISO 25000.
- Diseñar un sistema de inteligencia artificial para la toma de decisiones de advertencia.
- Construir el equipo para validación en pruebas a nivel de prototipo

La base teórica, aplicaciones, alcance, los diferentes robots asistentes personales que existen en el mercado y prestaciones se analizarán en el presente capítulo.

1.2 ROBOTS ASISTENTES PERSONALES.

La robótica es la ciencia y la técnica que está involucrada en el diseño, la fabricación y la utilización de robots (Definición.de, 2018). Actualmente un robot se puede definir como una máquina que puede programarse para que interactúe con objetos y lograr que imite, en cierta forma, el comportamiento humano o animal.

La informática, la electrónica, la mecánica y la ingeniería son sólo algunas de las disciplinas que se combinan en la robótica. El objetivo principal de la robótica es la construcción de dispositivos que funcionen de manera automática y que realicen trabajos difíciles o imposibles para los seres humanos.

Un asistente personal es aquel que ayuda a las personas en sus labores diarias, generando un apoyo gracias a las nuevas tecnologías. De acuerdo con el estrato social o usuario específico se podrá proporcionar apoyo en varias tareas o en algunas específicas como pueden ser el recordatorio de una fecha establecida, agendamiento de las actividades diarias que se llevan a cabo en una jornada laboral; estos siguen órdenes y toman decisiones por sí mismos con el fin último de realizar correctamente el trabajo que se les ha encomendado. En la actualidad surge la idea de un robot asistente personal, siguiendo la definición de robot que es, todo autómatas capaz de ser programado para llevar a cabo operaciones de forma autónoma e independiente, este a su vez puede ser físico o abstracto, es decir poseer una parte electromecánica o ser simplemente software.

Actualmente la robótica se enfoca en realizar tareas de forma eficiente, precisas y exactas mejorando los tiempos de producción y abaratando costos,

de esta forma se han conseguido usar varios robots tanto virtuales como físicos en múltiples aplicaciones desde la automatización hasta la validación de servicios en red o búsqueda de información.

Para desarrollar un robot asistente personal se toma en cuenta tanto el hardware como el software siguiendo ejemplos de robots asistentes que se han desarrollado y otros que incluso se comercializan en países de un elevado nivel tecnológico e industrial como lo son Japón y Corea del Sur, algunos de estos son el robot “Robohon” figura 2, disponible en el mercado japonés, el cual integra funciones tanto de un robot humanoide de reducidas dimensiones, con las de un smartphone para integrarlos en un único dispositivo capaz de brindar ambas funcionalidades, (Robohon, 2018).



Figura 2. Robot Robohon
(Robohon, 2018)

Otro ejemplo es el robot de la empresa Toyota denominado “Kirobo Mini”, figura 3, el cual cuenta con una forma humanoide y una elevada inteligencia artificial, que logra una gran interacción con el usuario (Toyota Europa, 2018); por otra parte, la empresa de Corea del Sur, Asus, presenta su modelo asistencial “Zenbo”, cuya principal característica es la interacción con todos los miembros de la familia para brindar una asistencia en cada circunstancia en la cual sea requerido. La forma humanoide es el denominador común que poseen estos tres ejemplos, que se comercializan desde el 2016 en sus respectivos países de desarrollo, esto facilita la interactividad con los usuarios. Otro rasgo a destacar es la apariencia infantil que poseen, sus rasgos faciales que recuerdan a un ser humano en su etapa más temprana de vida como son ojos grandes, nariz reducida y boca pequeña, todo esto para que el usuario, pueda desarrollar un uso adaptativo y crear incluso un vínculo emocional con el asistente, llegando a desarrollar un elevado nivel de compenetración con éste, (Asus Zenbo, 2018).



Figura 3. Robot Kirobo mini
(Toyota Europa, 2018)

La inteligencia artificial es fundamental, dentro del desarrollo de este dispositivo tecnológico, ya que de ésta dependerá la funcionalidad que posea el sistema y pueda brindar al usuario una experiencia acorde a sus necesidades; así, se puede citar proyectos desarrollados por investigadores de diferentes universidades a nivel mundial, uno de ellos es el robot “Hermes”, figura 4, autoproclamado como un asistente personal versátil, (Bischoff & Volker Graefe, 2013). Este asistente personal presenta la capacidad de aprender del mundo que lo rodea e interactuar con el usuario, basando su respuesta del modo más adecuado a la condición que se le presente, el cual es capaz de ver, oír e incluso de “sentir” y dar una respuesta gestual de sus extremidades, para que su respuesta sea interpretada de forma clara; incluso, debido a que posee una estructura electromecánica y un control robusto puede manipular objetos, posee una elevada inteligencia artificial, la cual le permite entablar sencillas conversaciones con el usuario y desarrollar respuestas coherentes acordes a las preguntas que se le formulen.



Figura 4. Robot Hermes
(Bischoff & Volker Graefe, 2013)

El lenguaje corporal resulta de vital importancia dado que desde una temprana edad se va desarrollando elementos paralingüísticos que se interpreta inconscientemente, pero que se analiza mejor que las palabras, se estima que el 93% de la forma de comunicación que posee el género humano es corpórea, por lo tanto, brindar al sistema una interactividad de este tipo es fundamental para que el usuario pueda adaptarse al mismo; si este requiere de su ayuda.

Por otra parte, integrar un agente conversacional, proveerá al dispositivo de una interactividad idónea y fácil de operar, ya que con el simple sonido de su voz podrá expresar cuál es su requerimiento acorde a sus necesidades y el robot por otra parte será capaz de entregar una respuesta válida.

Un *agente* es aquel componente de software o hardware que es capaz de actuar en forma precisa para llevar a cabo una tarea en beneficio de su usuario, (Trasobares, 2016) .

“Existen ejemplos de robots capaces de crear gesticulaciones para lograr interactividad con el usuario como son: Kismet y Leonardo, desarrollados en MIT y WE-4RII desarrollado en Waseda. Se pueden utilizar robots con brazos y manos antropomórficos para generar gestos”, (Joseph, A., Christian, B., Abiodun, A. A., & Oyawale, F., 2018).

Un asistente personal puede también ayudar a la medicina como es el caso del robot URSUS, que se presenta en figura 5, desarrollado por investigadores de la universidad Carlos III de Madrid el cual ayuda a la neurorehabilitación. La contribución de este robot es “la incorporación de tecnologías robóticas actuales a terapias de rehabilitación motriz, formulada desde un punto de vista muy práctico”, integra sistemas de visión artificial para la correcta captación de imágenes y análisis de movimiento en los pacientes, al poseer una apariencia amigable, logra una interacción con el paciente, opera en un estrato social específico con niños de hasta de 10 años, para el desarrollo cognitivo. Modela las terapias de rehabilitación motriz como tareas de planificación automática, su inteligencia artificial es capaz de predecir acciones en un futuro inmediato, las cuales son captadas por sus cualidades sensoriales.

Finalmente, este dispositivo tecnológico logra resolver la interacción persona-robot, tanto a nivel verbal como a nivel no verbal, este tipo de comportamientos están enfocados a facilitar la interacción con el paciente en el momento de la rehabilitación, (Londoño, J. A. A., Bravo, E. C., & García, J. F. C., 2017).



Figura 5. Robot URSUS

(Londoño, J. A. A., Bravo, E. C., & García, J. F. C., 2017).

Los Asistentes virtuales se han desarrollado desde 1980, año en el que se crea el primer agente conversacional capaz de seguir una charla con una persona sobre un tema concreto, éste en concreto se denomina “Eliza”, el objetivo principal era llegar a sustituir a un psicólogo real al momento de efectuar las charlas con su paciente, basándose en la creación de patrones que simulen el comportamiento humano. Otro ejemplo fue PARRY, el cual simulaba un paciente paranoico y servía de apoyo para estudiar las reacciones tanto con pacientes reales como con los médicos tratantes. Un ejemplo que se puede citar es TinyMud, capaz de crear una conversación en un entorno virtual y ser capaz de confundirse y pasar desapercibido como un humano de verdad, (Downey, S., 2014).

Actualmente los robots han alcanzado un alto nivel de desarrollo, debido a una elevada velocidad de procesamiento, que les permite ser capaces de realizar tareas complejas y tener un elevado nivel de control de su cinemática muy parecido al que presenta el ser humano, este es el caso del robot de cocina Moley, figura 6, que imita con perfección dos extremidades superiores humanas capaces de manipular y realizar diversas tareas, como las que se exigen a la hora de preparar cualquier receta, estará disponible a la venta el año 2018 (Moley, 2018).



Figura 6. Robot asistencial Moley

(Moley, 2018)

El proyecto “Spence's Virtual Bar” se trata de un Internet Relay Chat (chat) que simula un bar donde los clientes pueden conversar y en el que hay una camarera. “Erin”, un bot (robot virtual) cuyo tema de conversación es el Rock & Roll. Otros bots que se han desarrollado son algunos como “Theresa” cuyo tema de conversación es la música y la cultura griega, “Mimic” que aprende mientras hablas con él, “Brian” que ganó el tercer puesto en el Loebner Prize de 1998 entre otros, (Rodríguez, J. M., Merlino, H., & Fernández, E., 2014).

1.3 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS DE LA ROBÓTICA EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

La IA (inteligencia artificial) es una de las ramas de la informática, la cual se fundamenta en áreas como la lógica, ciencias cognitivas que investigan y desarrollan el funcionamiento neuronal humano. Basado en estos principios intenta emularlos y crear algoritmos que logren por sí mismos aprender, autocorregirse, operando y actuando como lo haría un ser humano.

Las aplicaciones en robótica se han desarrollado desde el principio de la informática con diversidad de objetivos: la automatización de procesos industriales, las aplicaciones militares y la exploración espacial. Mientras los primeros robots estaban orientados a realizar actividades repetitivas, actualmente se busca una mayor autonomía en relación con su capacidad de tomar decisiones. La evolución de la robótica también ha pasado por su intento de construir robots con forma humana y con capacidad de andar, (Mestres, F., & Vives-Rego, J., 2016).

Basado en IA, se pueden desarrollar temas relacionados con esta como son: El lenguaje natural, la visión artificial, la robótica y el reconocimiento del habla.

El fabricante de vehículos de la marca alemana Mercedes Benz, sacó al mercado en el año 2017 la serie *E* la cual incorpora un asistente que es capaz de detectar elementos en el entorno, y de frenarlo si el conductor no lo hace, para evitar un siniestro. Esto lo realiza mediante un sofisticado sistema de radares y visión artificial que integrados al controlador del vehículo, pueden realizar esta tarea, primero avisando mediante señales de sonido y visuales del eminente peligro para luego tomar la acertada decisión de pararlo completamente; pudiendo éste ser cualquier tipo de objeto que esté delante como podría ser otro vehículo, un peatón o un obstáculo. De esta manera este vehículo cuenta con sistemas de asistencia autónoma de conducción como son Drive Pilot, Steering Pilot, Distronic, Active Lane Change Assist los cuales ayudan al usuario a mantener los límites reglamentarios, mantienen estable el volante en carretera, emulando un piloto automático o incluso parquean el vehículo por sí solo, librando al conductor de esta difícil maniobra, (Mercedes Benz, 2017). Todos estos sistemas que incluye esta gama del fabricante alemán buscan en un futuro llegar a crear un automotor que se conduzca completamente solo, libre del error humano; este y otros fabricantes de

reconocidas marcas pretenden esta habilidad en un futuro muy cercano, de esta forma se eliminaría completamente las infracciones de tránsito y los siniestros en las carreteras de todo el mundo. En la figura 7, se muestra el panel de control del asistente citado anteriormente.



Figura 7. Panel del asistente del Mercedes Benz Clase E
(Mercedes Benz, 2017)

2. METODOLOGÍA Y DISEÑO

La metodología escogida para el desarrollo del presente proyecto es la metodología en V, figura 8, porque es la que mejor se adapta al desarrollo de este, el cual consta de componentes tanto en hardware como en software, y de acuerdo con las diversas partes de las que se compone, existe una retroalimentación constante, hasta elegir la mejor opción que se adapte a su desarrollo. Por un lado, se tiene el diseño del hardware y por otro del software, convergiendo ambos en el resultado final que es un robot asistente personal. Para explicar de mejor manera los requerimientos: estructura, diseños, funcionalidad e interfaz del proyecto, se presenta a continuación los siguientes apartados para poder establecer y aclarar el marco metodológico del diseño del sistema del asistente personal de manejo.

Etapas:

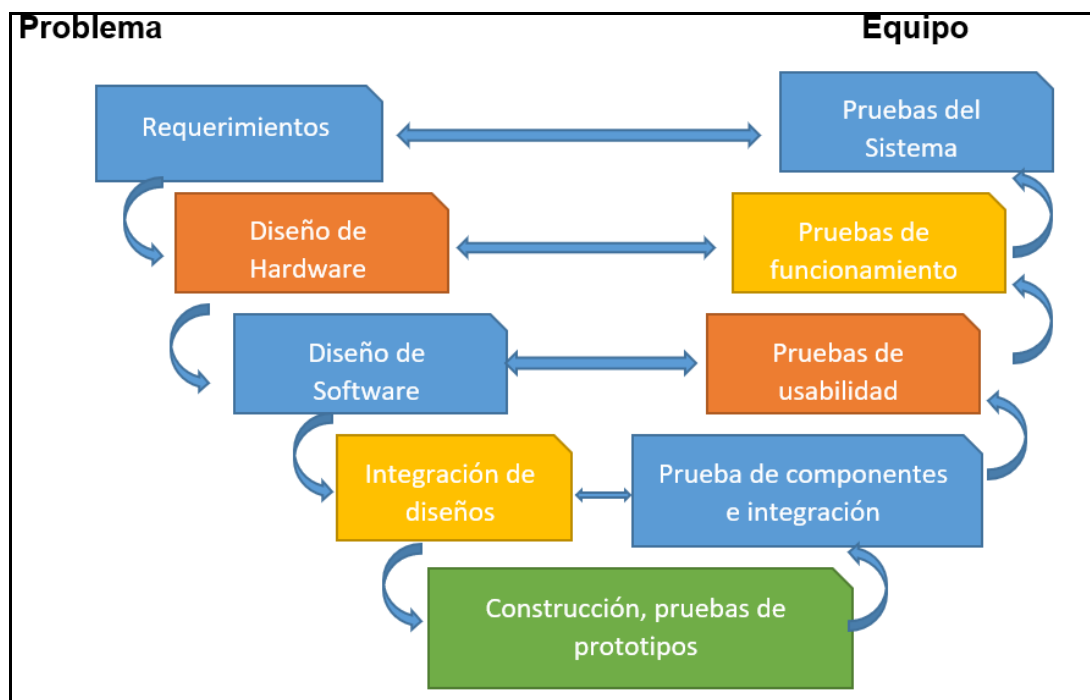


Figura 8. Representación gráfica de las etapas del proceso de desarrollo

Al realizar un análisis del problema, partiendo de los datos estadísticos que ofrece la Agencia Nacional de Tránsito. Se observa que la causa principal de accidentes en el Ecuador es conducir distraído, estos valores siguen aumentando debido al incremento de vehículos en las carreteras del país, tanto en las zonas urbanas como rurales. Normalmente se aprecia el uso de celulares, mientras se conduce en las ciudades y esto significa una grave falta de atención del entorno por el cual se transita, sumado a otras distracciones como son el uso de pantallas de video o la monotonía que supone ejercer la conducción, pueden inducir al conductor a un estado de relajación y falsa apreciación de su entorno, lo cual le resta atención y puede desencadenar en un accidente que podría llegar a ser fatal.

Para ayudar al conductor a mantenerse concentrado, se desarrolla un sistema el cual es capaz de realizar un monitoreo constante y por mensajes audibles

y visibles alertarlo, pudiéndose prevenir un incidente. La implementación del hardware y software para este proyecto se explica en sus principales características basadas en sistemas Open Source (Código abierto), para abaratar costos y siendo estos altamente compatibles con distintos sistemas operativos.

Con estos antecedentes, se determina que el sistema debe cumplir los siguientes requisitos, en base a las especificaciones técnicas del diseño:

- Requerimientos
 - Portable
 - Con Inteligencia Artificial
 - Monitoreo y toma de decisiones en tiempo real
 - Capacidad para generar diversos tipos de alerta
 - Peso no superior a 500 gramos
 - Autonomía mínima de 20 minutos
 - Fácil usabilidad
 - Fácil acoplamiento al vehículo

- Especificaciones técnicas generales
 - Tarjeta microprocesada a una velocidad mínima de 1.0 GHz
 - Visión Artificial
 - Control de servomotores
 - Pantalla LCD RGB 240 x 320
 - Batería capaz de suministrar 1,5 A de salida
 - Sistema de sonido
 - Dimensiones máximas 12 x 12 x 12 cm

Una vez establecidos los requerimientos y especificaciones técnicas del robot asistente personal, se presentan en esta sección los diferentes métodos utilizados para el desarrollo de cada subsistema.

Entendiéndose como método: modo ordenado y sistemático de proceder para llegar a un resultado o fin determinado.

2.1 MÉTODO DE VISION ARTIFICIAL

2.1.1 VISIÓN ARTIFICIAL

Se puede definir la “Visión Artificial” como un campo de la “Inteligencia Artificial” que mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información obtenida a través de imágenes digitales, (Narváez, S., Esteban, J., & Zapata Herrera, A. M., 2015).

La visión artificial reúne varios componentes de la inteligencia artificial, permitiendo a los diferentes componentes electrónicos y computacionales,

entender e interpretar imágenes en diferentes aspectos, según su programación, para comprender las diferentes características y patrones procesados en las imágenes por el sistema; para emular la visión humana autónoma, con toma de decisiones basados en parámetros previamente configurados mejorando su automatización.

2.1.2 DETECCIÓN FACIAL

En los últimos años se han realizado diferentes investigaciones con respecto a la visión artificial y propiamente con la detección facial para potencializar su uso y mejorar su funcionamiento, como es la correcta determinación de características y fiabilidad; esta tecnología no es reciente, tiene varios años de uso, pero con nuevos desarrollos y evolución se ha logrado implementar en distintas áreas sociales como aeropuertos y cámaras de vigilancia urbanas.

Dado que el reconocimiento facial para un ser humano es una cualidad intrínseca, para una inteligencia artificial no lo es. Ya que el software de implementación es un proceso complejo; debido a los diferentes algoritmos y cálculos matemáticos que son requeridos por el sistema.

Es por eso que se han creado diferentes métodos de reconocimiento como son: detección de rostros, extracción de rasgos, identificación, incluso análisis de imágenes en 2 y 3 dimensiones, debido al limitado rango de captura de imágenes que posee una cámara con respecto al ojo humano, resultando en una ardua tarea para el programador.

2.1.3 LA PARAMETRIZACIÓN O SELECCIÓN DE RASGOS

Después de la segmentación, se continua con la extracción de las características de los objetos que van a permitir su clasificación. La selección de particularidades, es una etapa en la que se intenta identificar aquellas propiedades que realmente aportan información cualitativa o relevante que son útiles para el proceso que se esté desarrollando. Las características de un objeto pueden ser internas o externas.

Siendo las externas las principales, objeto de este estudio; estas permiten obtener información de la forma y el tamaño del objeto.

Con el contorno, se pueden hallar características morfológicas como: área proyectada, perímetro, longitud, volumen, diámetro, etc.

2.1.4 DESCRIPTORES DE REGIÓN

Los descriptores son un conjunto de números que se producen para describir una forma determinada. La forma puede no ser totalmente reconstruible a partir de los descriptores, pero estos deberían ser suficientes para que las diferentes figuras sean discriminadas. Las regiones pueden describir propiedades basadas en límites de un objeto o pueden describir propiedades (asadas en regiones, (Rodríguez Cancio, M., 2014).

Una imagen es una abstracción de la realidad en dos dimensiones, para que ésta pueda interpretarse en un software se debe entender; como una serie de divisiones ínfimas representadas por píxeles. Una vez entendido esto, se analiza dicho objeto capturado con los descriptores de región existentes como son los simples, topológicos, de textura y momentos geométricos que se utilizan en el presente desarrollo del software.

Los descriptores geométricos que se han usado con más regularidad por varios años en reconocimiento de objetos y de visión por computadora han sido los momentos geométricos de Hu , los cuales son parte del procesamiento digital de imágenes, éstos permiten el cálculo de la superficie de un objeto, incluso si ha tenido un cambio de tamaño o de giro con respecto a su posición inicial. A continuación se explican sus funciones de cálculo.

2.1.5 MOMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA REGIÓN

La descripción y los rasgos que describen un objeto puede explicarse mejor teniendo en cuenta que son derivados a partir del teorema de unicidad de Papoulis. Teorema:

Si: $f(x, y)$ es una función continua con valores diferentes de 0, solamente en una región finita del plano xy , un conjunto infinito de momentos de esa región m_{pq} , con $p, q > 0$ que están determinados de manera única por $f(x, y)$. Inversamente la secuencia de m_{pq} determina la función de $f(x, y)$, (Mahafza, B. R., 2017).

Si $f(x, y)$ es una función continua, positiva y acotada sobre una región finita del plano xy entonces el momento de orden $(p + q)$ de $f(x, y)$ se define como:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy$$

2.1.6 MOMENTOS GEOMÉTRICOS INVARIANTES DE UNA REGIÓN

La geometría de una región plana se basa en el tamaño, posición, orientación y forma. Todas estas medidas están relacionadas en los parámetros denominados momentos como se explicó a breves rasgos en el literal anterior.

Mediante los momentos invariantes de Hu , se consigue una descripción independiente a las posiciones, tamaños y ángulos del objetivo. Cuando se desea obtener un descriptor invariante respecto del tamaño y de la posición se puede utilizar momentos de Hu centrales normalizados de orden dos y tres, (Sánchez-Trasgallo, D. A., Carpio, J. M., Montero, R., Luís, E. M., & Araiza, M. A. C., 2014).

Los momentos centrales de orden $(p + q)$ de una región en el caso continuo son invariantes a traslaciones y se define como:

$$u_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy$$

Donde:

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad y \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

De esta manera las invariantes de traslación se han transformado en momentos centrales, pero no se encuentran normalizados; es decir, están susceptibles a cambios de escala. Para conseguir que sean invariantes a cambios de escala de debe dividir los momentos centrales por el tamaño del objeto de interés, esto es, hacer una división simétrica del objeto focalizado. (Jain, 1989), como se muestra en la siguiente ecuación.

$$n_{pq} = \frac{u_{pq}}{u_{\infty}^{\gamma}}$$

Donde:

$$\gamma = \frac{p + q}{2} + 1$$

Para el reconocimiento digital es preferible convertir las integrales en sumatorias, para que exista un proceso continuo del proceso logarítmico tomando una cantidad en cada variable lanzada al infinito de esta manera.

$$u_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy$$

Así, se puede explicar la funcionalidad de la ecuación utilizada en el desarrollo del software del reconocimiento facial y de ojos como se explica a continuación en el diseño del software.

La librería OpenCV utiliza los momentos de Hu para describir, caracterizar y cuantificar la forma de un objeto en una imagen, normalmente extrayendo la silueta o contorno del objeto, extrayéndolas en un vector de 7 elementos, que en este caso son los 7 momentos de Hu , siendo estos los que describen un patrón rostro o no rostro.

Para realizar los cálculos, primero se debe efectuar un cambio a escala de grises, es decir, se establecen los pixeles de la figura en fondo negro y el primer plano en blanco, para aplicar algún tipo de segmentación como se muestra en la siguiente figura 9:

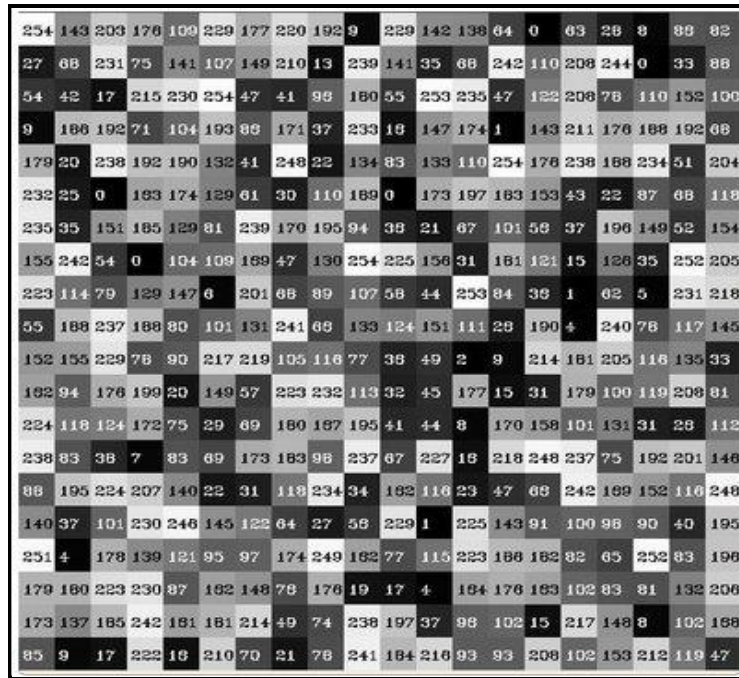


Figura 9. Segmentación escala de grises

Una vez obtenido este procedimiento se puede mejorar la calidad de la imagen, la cual se conoce como ecualización. La ecualización del histograma, figura 10, trata de repartir los píxeles de forma que la luminancia de éstos, esté más distribuida. Consiguiendo así aumentar el contraste y distinguir mejor los distintos objetos que forman la imagen.



Figura 10. Ecualización de escala de grises

OpenCV emplea un conjunto de bloques también conocidos como clasificadores, con el fin de reconocer distintas formas de objetos, éstas son conocidas como Haar-Like Features, figura 11. Las características tipo Haar se definen sobre regiones rectangulares de una imagen en escala de grises. Una característica está formada por un número finito de rectángulos y su valor escalar consistirá en la suma de los píxeles de cada rectángulo suma, aplicando un cierto factor de peso.

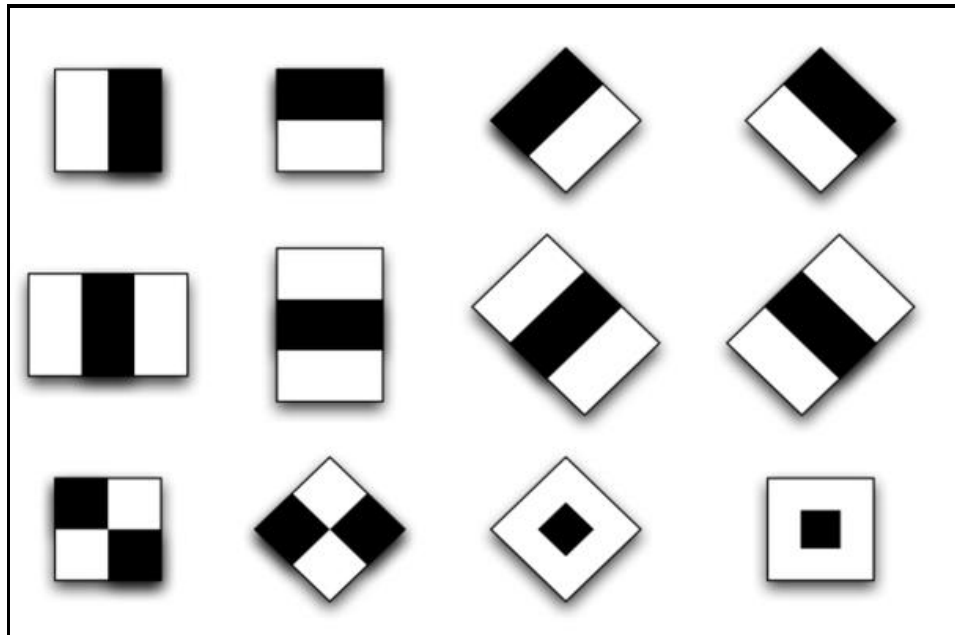


Figura 11. Haar-Like Features.
(Open Source Computer Vision, 2018)

El valor de una característica se obtiene sumando todos los píxeles del rectángulo blanco y restandose todos los píxeles del rectángulo negro. Por ejemplo, la característica central de 3 rectángulos trataría de representar que en general la región de los ojos es más oscura que las regiones de alrededor.

Una vez explicado lo anterior, se puede clasificar los distintos valores de los píxeles. Los descriptores que utiliza OpenCV, como quedó mencionado, son los de *Hu*, cada característica facial empleada (ojo izquierdo, ojo derecho) es descrita por $f(\emptyset 1, \emptyset 2, \emptyset 3, \emptyset 4)$, que en nuestro caso dentro de la programación se tiene una función: $for(x, y, w, h)$

De este modo se puede entender el algoritmo de detección usado en OpenCV, contenido dentro de los clasificadores Haar-Like Features para detectar el rostro y los ojos utilizando la función `cv2.CascadeClassifier`.

2.2 MÉTODO PARA EL DISEÑO DEL HARDWARE

Bottom-up

Se hace uso de microcontroladores y plataformas de hardware considerando velocidad, memoria, facilidad de programación y uso.

Se sigue el método de diseño llamado Bottom-up, figura 12, el cual comprende la agrupación de componentes por módulos, para su posterior integración definiendo la parte de hardware del sistema.

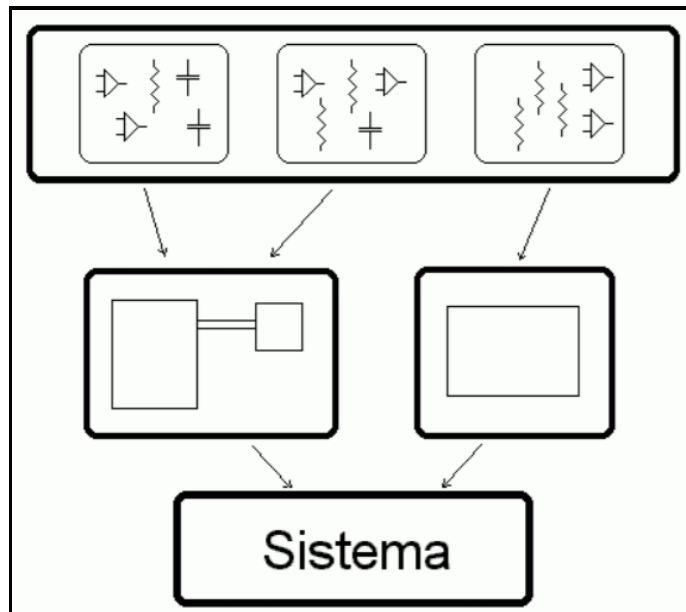


Figura 12. Integración de componentes

2.2.1 TARJETA MICROCONTROLADORA ARDUINO

La tarjeta microcontroladora Arduino es una plataforma de hardware libre, la cual cuenta con un microcontrolador AVR, montado sobre un placa y un entorno de programación propio IDE (Integrated Development Enviroment) que es una aplicación de software que proporciona herramientas y librerías implementándolas en un lenguaje de programación propio de Arduino y un bootloader que se ejecuta en la misma, su principal característica es su sencillez y facilidad de uso.

Esta se conecta a su vez con una plataforma central de procesamiento interactuando tanto a nivel de hardware como de software, para ejecutar el control de mecanismos que sirvan para crear interacción con el usuario.

2.2.2 TARJETA MICROPROCESADA RASPBERRY PI

Es un microcomputador de placa ensamblada de circuitos impresos de hardware libre, que posee una velocidad de 1,2 GHz, provisto de una memoria RAM, y una GPU, capaz de soportar todo un sistema operativo o actuar como un controlador de software embebido, que se adapte a una función específica. Cuenta con varios puertos de comunicación inalámbrica y por cables, los cuales intercambian información siguiendo diversos protocolos de comunicación.

2.3 MÉTODO GLOBAL PARA EL DISEÑO DEL SOFTWARE

- **Top-Down**

El método para el diseño de software es el Top-Down el cual consiste en partir de una idea principal e ir incrementándolo según sea necesario el sistema organizado; de manera jerárquico se subdivide en

módulos, hasta llegar a componentes de estructura primaria, es decir se crean subdiseños que se subdividen a la vez, añadiendo o quitando elementos.

Uso de plataformas de desarrollo basadas en open source (código abierto)

Software libre

Es aquel con el que se puede hacer ciertas modificaciones o creación de cosas debido al consentimiento del autor, de aquí se puede destacar el movimiento Open Source (Open Source Initiative) que refleja más una política ligada a la ética y a la moral como libre distribución, códigos fuentes disponibles, licencias distribuidas como parches, sin discriminación de personas o grupos entre otros, (Molina Medrano, 2014)-

SO Raspbian

El sistema operativo instalado en la Raspberry pi está basado en Debian que es una distribución de Linux, optimizado para correr en el Hardware de la Raspberry pi.

Un sistema operativo es el conjunto de programas básicos y utilidades que hacen funcionar a la tarjeta electrónica y ésta es capaz de ejecutar los diferentes programas que se utilizan en este proyecto como son Python , la librería Open CV y Arduino.

Python

- Es un lenguaje de programación multiparadigma.
- Soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional.
- Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico, es fuertemente tipado y es multiplataforma.
- Es administrado por Python Software Foundation. Posee una licencia de código abierto, denominada Python Software Foundation License.

Arduino IDE

El software de código abierto Arduino (IDE) hace que sea fácil escribir código y subirlo al microcontrolador. Se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y se basa en Processing y otro software de código abierto.

Este software se puede usar en cualquier placa Arduino.

OpenCV

OpenCV viene de las siglas Open Source Computer Vision Library, es una librería abierta desarrollada por Intel en el año 1999. Contiene alrededor de 500 funciones. Esta librería proporciona un alto nivel de funciones para el procesamiento de imágenes. Algunas de las características que permite OpenCV son operaciones básicas, procesamiento de imágenes, análisis estructural,

análisis de movimiento, reconocimiento del modelo, reconstrucción 3D, calibración de cámara, etc.

2.4 MÉTODO ESPECÍFICO DE DISEÑO DEL SOFTWARE

Para el desarrollo del dispositivo tecnológico se considera como referente la norma ISO 25000 en base a los siguientes lineamientos: Compatibilidad, Usabilidad, Fiabilidad, Mantenibilidad y Portabilidad.

ISO 25000

Tomando como referencia esta norma, la cual propone que la calidad del producto software se puede interpretar como el grado en que dicho producto satisface los requisitos del usuario. Posee ocho características las cuales son: Adecuación Funcional, Eficiencia y Desempeño, Compatibilidad, Usabilidad, Fiabilidad, Seguridad, Mantenibilidad y Portabilidad. El desarrollo del software toma de estas características, cinco que se consideran fundamentales:

- **Compatibilidad:** se comparte el entorno de desarrollo de software bajo diferentes sistemas operativos, coexistiendo bajo un entorno común el cual es capaz de operar y ser desarrollado.
- **Usabilidad:** el dispositivo tecnológico al momento de ser utilizado debe resultar atractivo, para ser usado bajo unas condiciones determinadas. Se le debe permitir al usuario operarlo y controlarlo con facilidad, se lo debe proteger de cometer errores, poseer una interfaz agradable y facilitar la interacción con el usuario y permitir que sea utilizado por personas con determinadas características y discapacidades.
- **Fiabilidad:** el sistema al operar debe cumplir con sus funciones específicas, bajo unas condiciones y periodo de tiempo determinado. Debe estar disponible y operativo al momento que se lo requiera, debe operar según lo previsto y restablecer su operación en caso de interrupción o fallo.
- **Mantenibilidad:** esta característica se ve relacionada con la capacidad del producto software de ser modificado efectiva y eficientemente, por diversos factores como son necesidades evolutivas, correctivas o perfectivas, ésta tiene a su vez otras subcaracterísticas como es la modularidad que permite un cambio en un componente específico para que tenga un impacto mínimo en los demás. Que sea reusable, es decir, que se pueda usar con más de un sistema software. Que tenga la capacidad de ser modificado de manera efectiva y sin introducir defectos o disminuir el desempeño y ser capaz de ser probado, a saber, estableciendo criterios de prueba para el sistema o componente, determinando si se cumplen los criterios requeridos.
- **Portabilidad:** este lineamiento es fundamental, ya que mediante esta capacidad de transferencia de un entorno de hardware y software operacional hacia otro de forma efectiva y eficiente se hace posible la adaptabilidad en un entorno de desarrollo de código abierto; pudiendo ser instalado o desinstalado de forma exitosa en un determinado

entorno, y a su vez, pueda ser reemplazado por otro software con el mismo propósito y bajo el mismo entorno.

En base a estas referencias, el método específico que se toma en consideración para el desarrollo del software que se implementará en el asistente robótico, es el modelo iterativo incremental, figura 13.

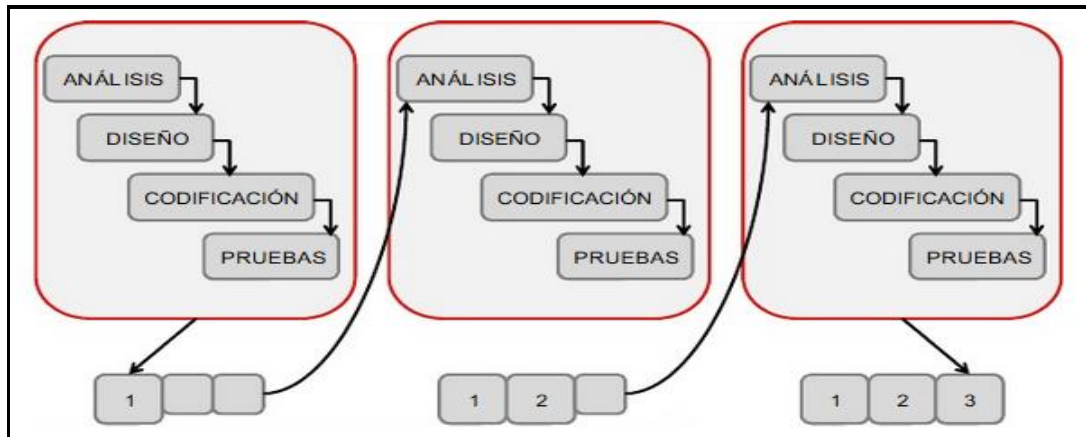


Figura 13. Modelo de ciclo de vida incremental
.Felipe, G. M. (2017).

Este modelo se adapta de forma eficiente en el desarrollo del software a implementar. “Gracias a que aplica secuencias lineales produciendo un incremento del software, donde las primeras versiones proporcionan una funcionalidad precisa de modo que los incrementos posteriores puedan seguir evolucionando e incorporándose para un producto final.” (Felipe, G. M., 2017).

En los últimos años se ha avanzado a pasos acelerados en la tecnología, diseño y desempeño de un automóvil de parte de los grandes productores a nivel mundial. Han invertido gran parte del tiempo en la investigación para crear vehículos cada vez más seguros para el usuario. Dentro de esta investigación se han creado varios asistentes de manejo en las diferentes marcas de mayor prestigio en el mercado. “El sistema de visión por computador es el más usado para detectar somnolencia en conductores ya que tiene aplicaciones comerciales por parte de algunas empresas, y es preferido por ser un método no invasivo.” (María Agustina Garcés, José De Jesus Salgado, & William Henry Cafión, 2015)

Haciendo uso de cámaras integradas, sensores electromecánicos y dieléctricas, en vehículos de gama alta, figura 14.

La nueva tecnología incorporada, hace que los vehículos de alta gama posean un costo sumamente elevado.

El Ecuador no posee una importante demanda de este tipo de vehículos, por lo que no se importan por las razones económicas referidas. Los vehículos más vendidos son: Chevrolet, Volkswagen, Ford, Toyota, Nissan, los cuales no sobrepasan los 30 mil dólares de precio, (Patio Tuerca, 2015).

Por consiguiente, el estudio y desarrollo del software a implementar en el asistente robótico en primera instancia, se enfocará en detectar ciertas características de somnolencia y distracciones; de esta manera, tratar de dar una solución a la seguridad vehicular y disminuir los altos índices de mortalidad en las vías y carreteras del Ecuador.

Fabricante	Comportamiento a estudiar	Respuesta
Ford	Movimiento del vehículo en la carretera	Alertas auditiva y visual
Lexus	Ojos del conductor	NoREM 1: Alertas Visuales y auditivas. NoREM 2. Frenado del vehículo
Mercedes	Movimiento del vehículo en la carretera	Alertas auditiva y visual
VW	Ojos del conductor	Alertas auditiva y visual
Volvo	Movimiento del vehículo en la carretera	Alertas auditiva y visual

Figura 14. Sistemas de detección de somnolencia de visión por computador existentes en el mercado
(Garcés, Salgado, Cruz, & Cafión, 2015)

2.5 MÉTODO DE PROTOTIPAJE

Se desarrolla un prototipo físico que sirve para determinar las características que se tendrán al finalizar el presente proyecto y ayudar a evidenciar como están operando los diversos módulos integrados; así mismo; dan una respuesta anticipada para saber cómo reaccionará el producto en un escenario real, validando y verificando los objetivos que se plantearon al principio.

Se utiliza el **CAD** (Computer Aided Design) diseño asistido por computadora, como herramienta de modelado de piezas Solidworks, el cual emplea técnicas de diseño de dibujo en 3D, mostrado en la figura 15, donde se le da la forma a las piezas diseñadas, para que todos los componentes se integren bajo una misma estructura y al mismo tiempo queden protegidas del exterior. Otra de sus características es la validación de las dimensiones requeridas. Entre sus principales características están:

- Análisis y optimización del diseño.
- Revisión y optimización del diseño.
- Documentación y planos de diseño.

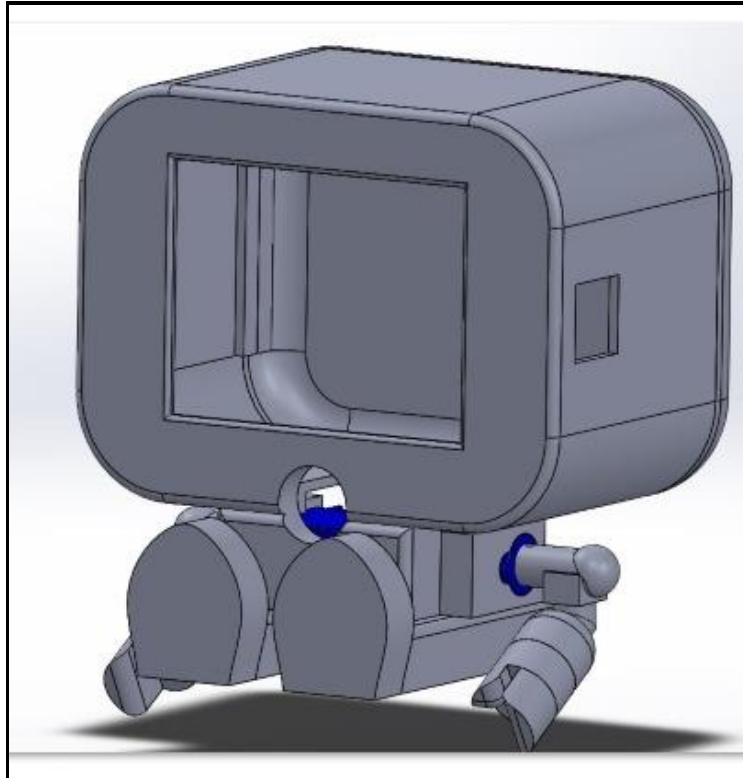


Figura 15. Vista en perspectiva del case del robot asistente virtual

CAM (Computer Aided Manufacture) la fabricación asistida por computadora hace uso de aplicaciones de software de control numérico (**CNC**), siguiendo instrucciones detalladas basadas en código G, las cuales dirigen máquinas herramientas de control numérico (**CNC**) para la fabricación de las piezas que conforman la carcasa del dispositivo, figura 16. Entre sus ventajas están:

- Maximiza la utilización de equipos de impresión 3D.
- Se puede verificar y optimizar el diseño planteado del case.
- Facilita el proceso de creación del prototipo.

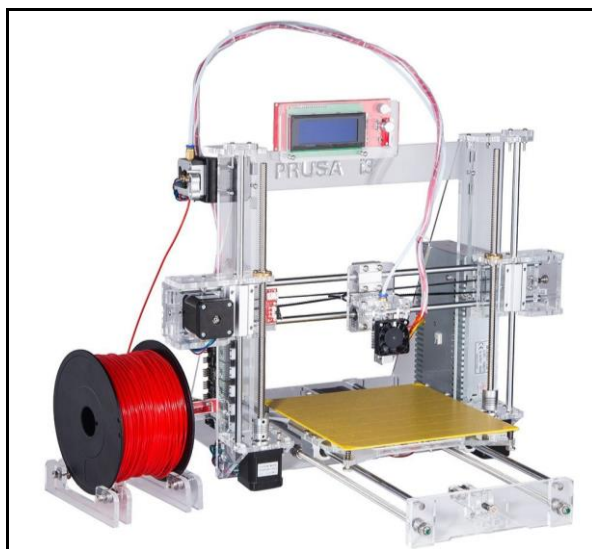


Figura 16. Impresora 3D, basada en CNC, empleada para manufacturar el case

2.6 DISEÑO DEL SISTEMA

2.6.1 DISEÑO DEL HARDWARE

La figura 17 muestra la arquitectura general del hardware del sistema, donde se esquematizan los componentes que se conectan e interactúan, mediante señales de control, datos y energía. El equipo se compone de una unidad central de procesamiento, la cual se encarga de recoger información a través de una cámara conectada mediante bus de datos y la ejecución del software del sistema; conectado a una unidad secundaria de control electrónico, la misma que se encarga de mover los micro servomotores, que funcionan como una medida de alerta visible al momento de crear interacción con el usuario.

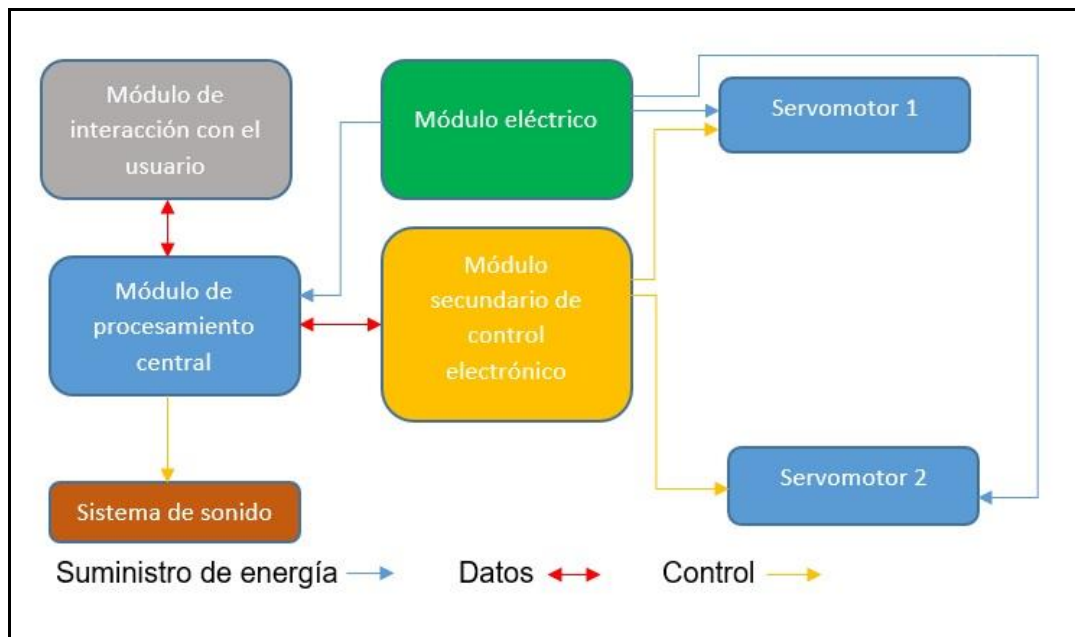


Figura 17. Arquitectura del sistema

Siguiendo esta arquitectura, la tarjeta procesadora que mejor se adapta es una Raspberry Pi

Dados los parámetros que posee el modelo de Raspberry pi 3, se escoge esta tarjeta. Pues posee prestaciones de hardware que son óptimas para el procesamiento de imágenes gracias a su GPU (Graphics Processing Unit).

Un procesador central multinúcleo hace efectivo el procesamiento de todo el programa de control y ejecuta las diversas tareas que están presentes en el robot asistente. También se utiliza un puerto USB para la conexión serial con la tarjeta electrónica de control secundaria, que opera los servomotores, por dichas razones se escoge esta opción. Sus características son:

Tabla 1. Características utilizadas de la tarjeta electrónica

Modelo	Raspberry pi 3
Procesador	ARM Cortex-A53
Voltaje de operación	+5.1V micro USB
Corriente de operación	700-1000 mA
Velocidad de reloj	1.2 GHz
GPU	Dual Core VideoCore IV
RAM	1 GB LPDDR2
USB	4 x USB 2.0
Corriente de USB	100 mA-500 mA
Conector GPIO	40 x GPIO
Salida de audio	Jack de 3.5 mm
Conector de la cámara	15 x MIPI interfaz en serie (CSI-2)

Evaluando las características del Arduino Uno, se elige esta opción como la más factible por su facilidad de montaje y conexión, otra de sus fortalezas es el fácil reconocimiento que el sistema operativo Linux le otorga. De ahí que la tarjeta electrónica Raspberry y la comunicación serial es llevada a cabo de forma sincrónica y correcta.

Tabla 2. Características de la tarjeta electrónica secundaria

Modelo	Arduino UNO
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Velocidad de reloj	16 MHz
Memoria Flash	32 KB
Salidas PWM	6
EEPROM	1024 bytes

Analizando diversas pantallas y características varias de las TFT, se logra conseguir una que sea de reducidas dimensiones y consuma poca energía, ya que estos requisitos son imprescindibles para los requerimientos que se plantean. Con la pantalla se intenta crear un grado elevado de interacción con el usuario y éste pueda llegar a considerar un amigo al asistente y no como un elemento extraño y distractor del medio, acompañando al conductor al momento de ejercer la conducción y brindando compañía.

Tabla 3. Características pantalla TFT

Modelo	Waveshare 3.2inch RPi LCD (V3)
Tipo de LCD	TFT
Tipo de Touchscreen	Resistiva
Colores	65536
Resolución	320x240 Pixeles
Relación de aspecto	4:3
Voltaje de operación	5 V
Corriente de operación	75 mA

Las prestaciones que posee el modelo de Picam seleccionado son excelentes para la captura de imágenes y la principal característica radica en la conexión propia, exclusiva diseñada para este objetivo, esto implica que la captura y

codificación de imágenes es directamente sobre la GPU, la cual deja trabajar al CPU de forma independiente sin involucración de éste.

Tabla 4. Módulo de cámara de Raspberry Pi

Modelo	FOV160 ° 5 megapíxeles
Lente	¼ de pulgada
Sensor	OV5647
FOV	160 grados
Resolución	2592x1944
Dimensiones	22,5 x 24 x 9 mm

Los servomotores que mejor se adaptan al diseño del dispositivo, debido a su consumo energético y peso; son también idóneos para producir interacción con el usuario, sin intervenir en el tamaño del prototipo.

Tabla 5. Características de los servomotores

Modelo	Micro Servo 9g SG90 TowerPro
Voltaje de operación	3.0 - 7.2V
Rango de torque máximo	1.8 Kg-cm
Dimensiones	22x11.5x27 mm
Peso	9 g

Tomando en cuenta el consumo de la Raspberry pi y de los diferentes elementos que la componen se opta por elegir un módulo propio de alimentación para la tarjeta procesadora, la cual abastecerá de energía a todo el sistema y no sobrepasara las dimensiones que se requieren.

Tabla 6. Características de la batería

Modelo	RPI PowerPack V2.0
Capacidad de batería	3800 mAH
Corriente de descarga máxima	1.8 A
Voltaje de salida	5.1V ± 0.1V
Corriente / voltaje de carga estándar	1.0A / 5.0V

Para crear las alertas se utiliza un módulo amplificador de audio de 3 Watts

Tabla 7. Características del módulo amplificador de audio

Modelo	PAM8403
Voltaje de operación	2.5 – 5 V
Potencia de salida	2x3W (5V/4Ohm)
Dimensiones	20x20x3 mm
Peso	5 g

En la figura 18, se muestra el sistema electrónico diseñado. La tarjeta principal de procesamiento es la encargada de llevar a cabo todos los procesos que se realizan, como la captura de imágenes, mediante una cámara propia para la Raspberry pi la cual integra un conector de tipo CSI (Camera Serial Interface), basado en un estándar definido por la MIPI (Mobile Industry Processor

Interface), este tipo de conexión como se habló anteriormente permite una que se libere al CPU de esta tarea la cual queda centrada en la GPU (Graphics Processing Unit), que esta exclusivamente diseñada para el procesamiento y codificación de gráficos, dejando a la unidad central de procesamiento la toma de decisiones y diversas tareas que ejecuta el software. Al momento de comunicarse con la unidad secundaria de control y procesamiento se realiza mediante USB por comunicación serial.

La unidad secundaria de control usa señales de PWM que son las encargadas de activar y mover los servomotores al momento de recibir las señales mediante comunicación serial que recibe de la unidad principal.

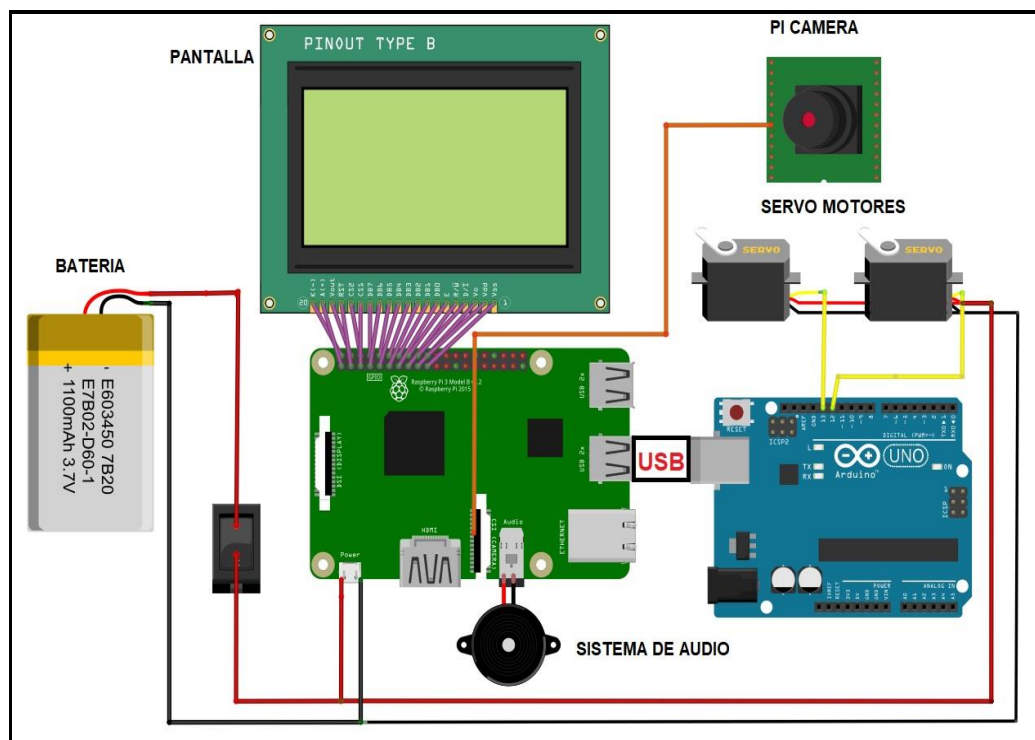


Figura 18. Sistema electrónico computacional diseñado

Al momento de cargar el sistema operativo y todos los programas que sobre éste se ejecutan, se utiliza una Micro SD de 16 GB clase 10, que es la recomendada por el fabricante; la cual tiene una tasa de transmisión de datos de hasta 10 MB/s, lo cual garantiza la correcta ejecución del software y del sistema operativo.

2.6.2 DISEÑO DEL SOFTWARE

Para tomar en cuenta el diseño del sistema se consideró la problemática expuesta en los puntos anteriores. Se plantea un análisis y una directriz en el diseño, basándose en su funcionalidad; esto es, la detección de aspectos fisiológicos, como la desconcentración del sujeto o posible falta de sueño.

Tomando en consideración las limitaciones del sistema y propiamente del entorno físico y del usuario, se realiza un análisis de las características que se ofrece al consumidor y las condiciones meteorológicas existentes.

Se puede indicar en un diagrama de bloques y un diagrama de flujo los diferentes procesos y funcionamiento del sistema, tomando en cuenta las diferentes fases del diseño y sus subprocesos.

La figura 19, especifica los procesos a seguir del sistema:

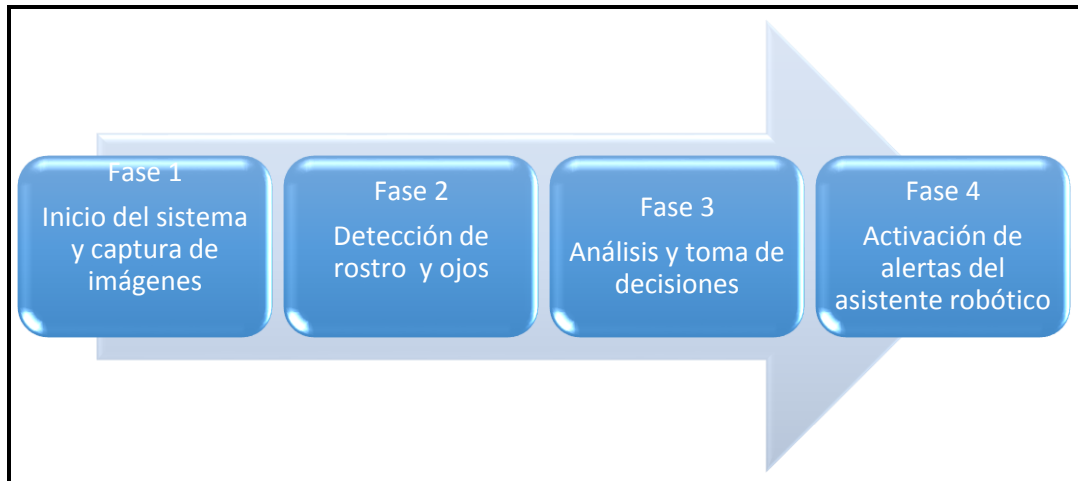


Figura 19. Procesos y funcionamiento del sistema

- Fase 1.- se activa el sistema y se hace la captura de imágenes que son adquiridas por la cámara.
- Fase 2.- se activa el inicializador del trabajo que en este caso es la librería OpenCV, aquí con las instrucciones propias de la citada librería, se detecta y se marca la región de interés, la cual permite establecer lugares específicos de la imagen para codificar los datos de las características importantes de la zona de interés, el cual permite enfocar el rostro y los ojos para posteriormente realizar el conteo de la presencia o no de éstos.
- Fase 3.- en este bloque se realizan las comparaciones de los aspectos físicos, cuando están los ojos abiertos o cerrados. Entonces se analiza al sujeto monitoreado para determinar los rasgos de cansancio o desconcentración.
- Fase 4.- al comparar los aspectos antes mencionados se ejecutan las alertas del asistente robótico; para emitir de forma pertinente, dependiendo del grado de distracción; que va, desde una señal de emergencia leve hasta la alerta de mayor severidad.

Todo sistema se debe especificar con un esquema para comprender sus procesos y los pasos a seguir del software. Es por ello, que el diagrama de flujo es la base clave del desarrollo del software del robot asistente. Aquí se muestran todas las condiciones de cada variable, así como su funcionamiento para tomar las decisiones sobre las alertas emergentes; también los contadores para la emisión de las alarmas y la detección de distracción del usuario.

La figura 20, muestra la arquitectura del software del sistema determinando el algoritmo de forma simple.

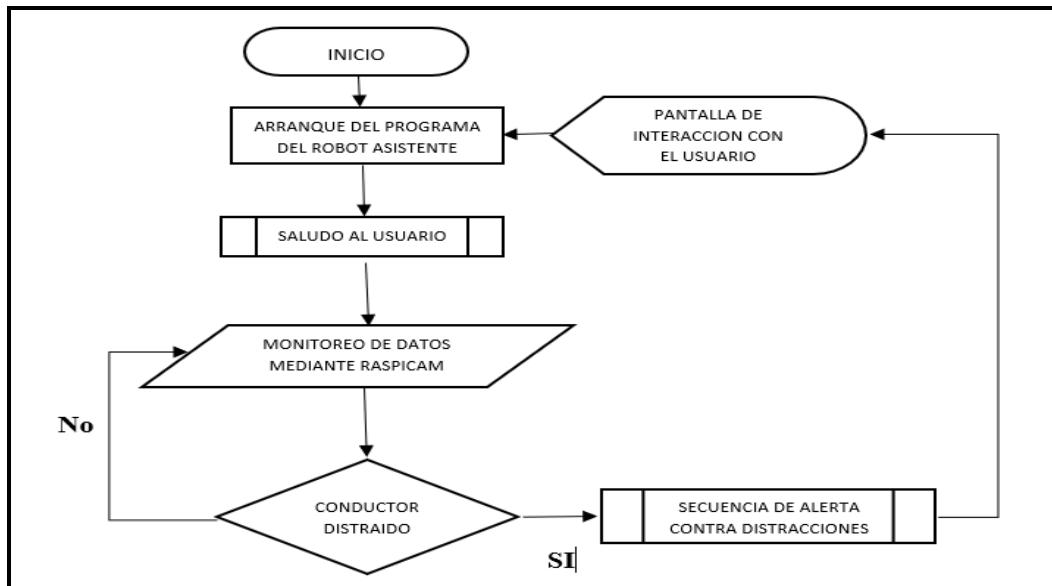


Figura 20. Arquitectura Básica del Software del sistema

En la figura 21 se muestra el algoritmo de forma detallada, mostrando con mayor detalle las instrucciones que se ejecutan, al momento que se inicia el robot asistente personal, el usuario solo debe encender el dispositivo y este se encarga de hacer todo el proceso por sí solo.

Cada instrucción está diseñada para que resulte lo más amigable posible para el usuario y éste pueda tener una experiencia de uso positiva.

Ejecutado el programa se da un mensaje audible y visual de bienvenida al usuario. Terminado este proceso, el siguiente paso es llamar a la librería de OpenCV, para que proceda a realizar el análisis de imágenes; si el conductor, se mantiene atento al momento de conducir fijando su mirada sobre la carretera, el asistente no realiza ninguna acción.

Caso contrario, si empieza a distraerse y ya no presta la atención debida que merece el camino por el cual transita; entonces el contador registra los segundos que deja de mirar al frente, y comienza a ejecutar las diferentes alertas, las cuales suben su nivel de severidad si el tiempo sigue aumentando y el conductor continua sin atender la ruta por la cual transita. De este modo se persuade al conductor a que vuelva su atención sobre el vehículo conducido, evitando así un posible accidente.

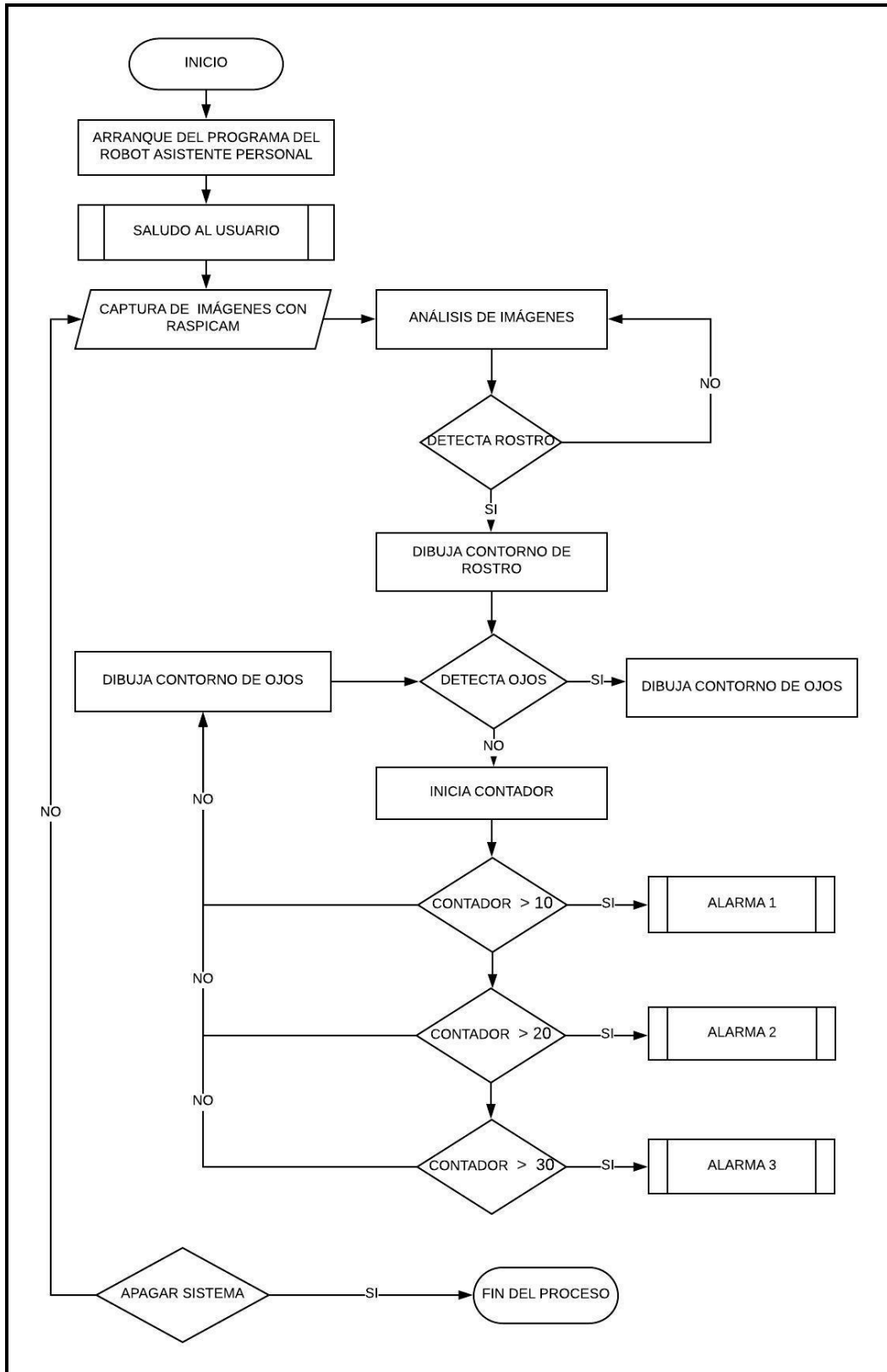


Figura 21. Algoritmo de funcionamiento del sistema

3. CONSTRUCCIÓN

3.1 MANUFACTURA DE LA CARCASA

En el presente capítulo se muestra el proceso de armado y ensamblaje de los diseños previos y la integración de todas las partes, tanto de hardware como de software, en la figura 22, se evidencia un esquema de los componentes, los cuales unificados, dan como resultado el robot asistente personal acabado.

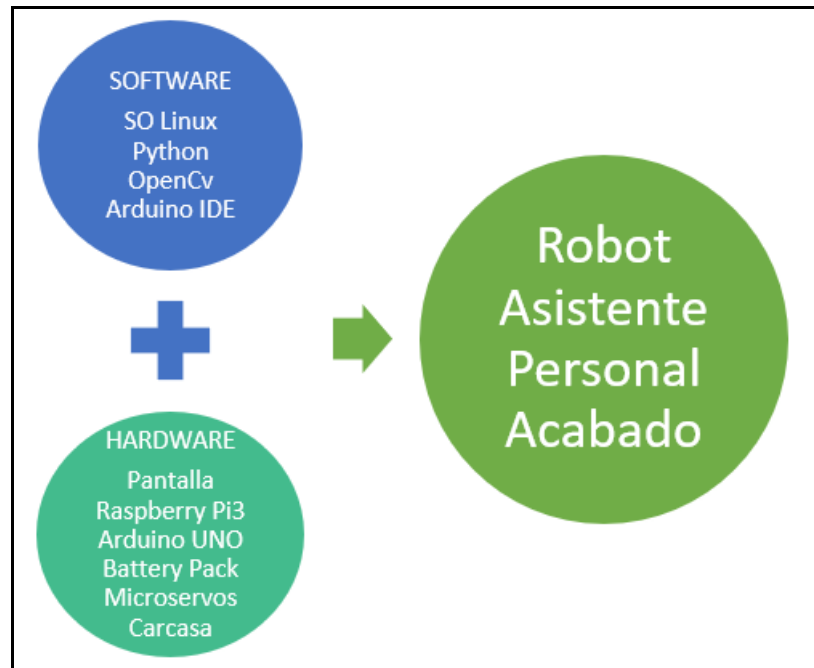


Figura 22. Suma de elementos de Hardware y Software

La figura 23, muestra el modelado previo realizado en Solidworks, que es luego llevado a la respectiva impresión 3D. Uno de los requisitos que se plantea, es el de darle una forma semejante a la humana, para lo cual se diseñó una carcasa que posee características antropomórficas, esta medida es requerida para que sea más amigable al usuario.

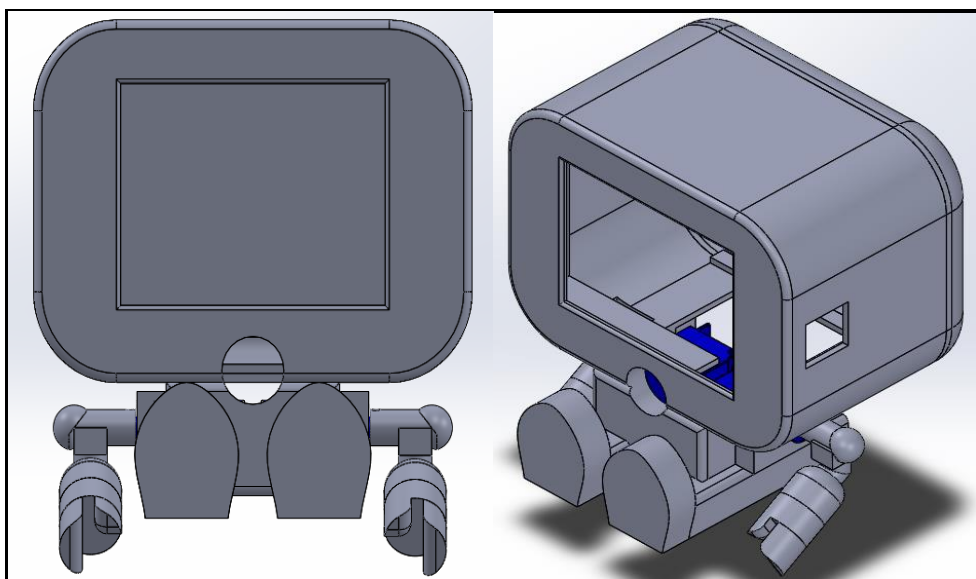


Figura 23. Vista frontal y en perspectiva isométrica del case

En la figura 24, se muestra el proceso de impresión 3D con la impresora que se manufacturó la carcasa, en la figura 25, se presenta el resultado de la impresión de las diferentes piezas, las cuales están hechas de un material de tipo polímero el cual se funde para poder darle la forma que se diseña, denominado PLA (poliácido láctico), que es un polímero constituido de moléculas de ácido láctico.

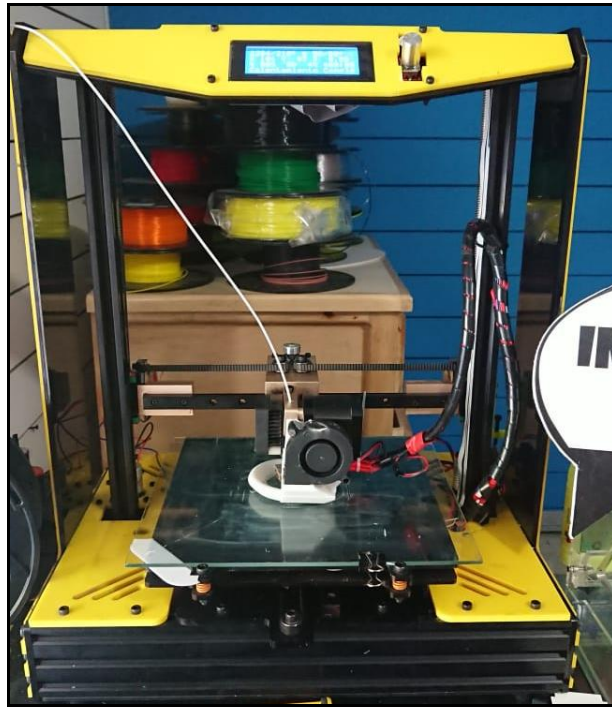


Figura 24. Impresora de partes en 3D



Figura 25. Piezas impresas en 3D terminadas

3.2 MANUFACTURA DEL HARDWARE

La figura 26, muestra un corte en la carcasa que permite observar como están colocados los elementos electrónicos dentro de la misma. Se realizó un corte seccional sobre una carcasa que se imprimió para probar que los mismos encajen y se muestra como se incorporan los elementos electrónicos y de control dentro de la carcasa impresa. Todos los componentes se conectan entre si para dar como resultado el robot asistente personal, la figura 27 muestra todos los componentes electrónicos y de control con su respectivo nombre, los cuales van en el interior de la carcasa del robot.

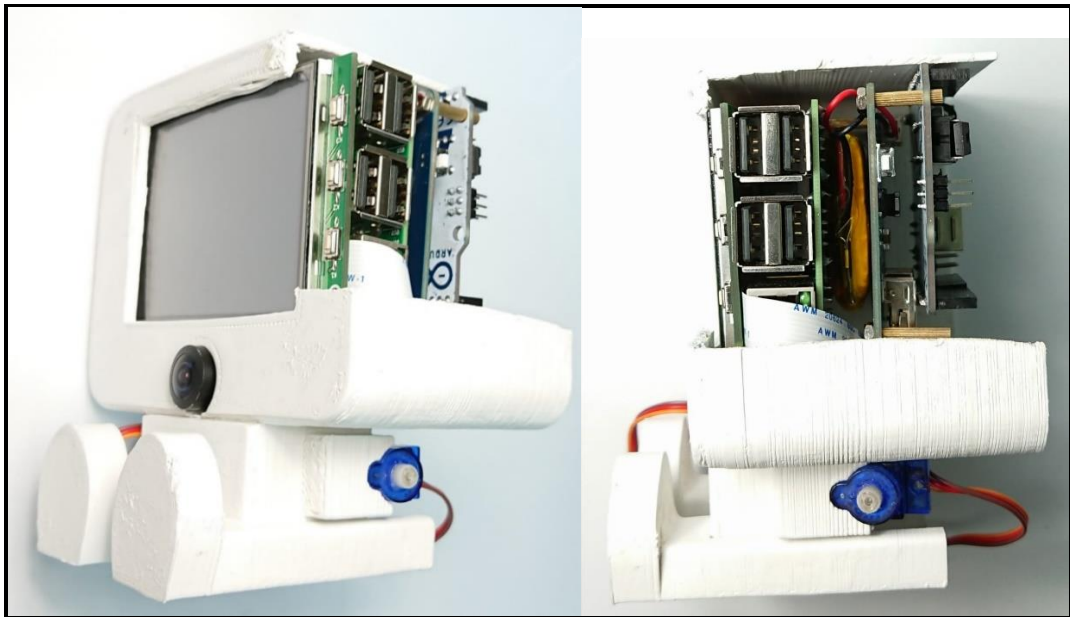


Figura 26. Robot asistente personal, seccionado en el cual se visualizan los componentes dentro de la carcasa

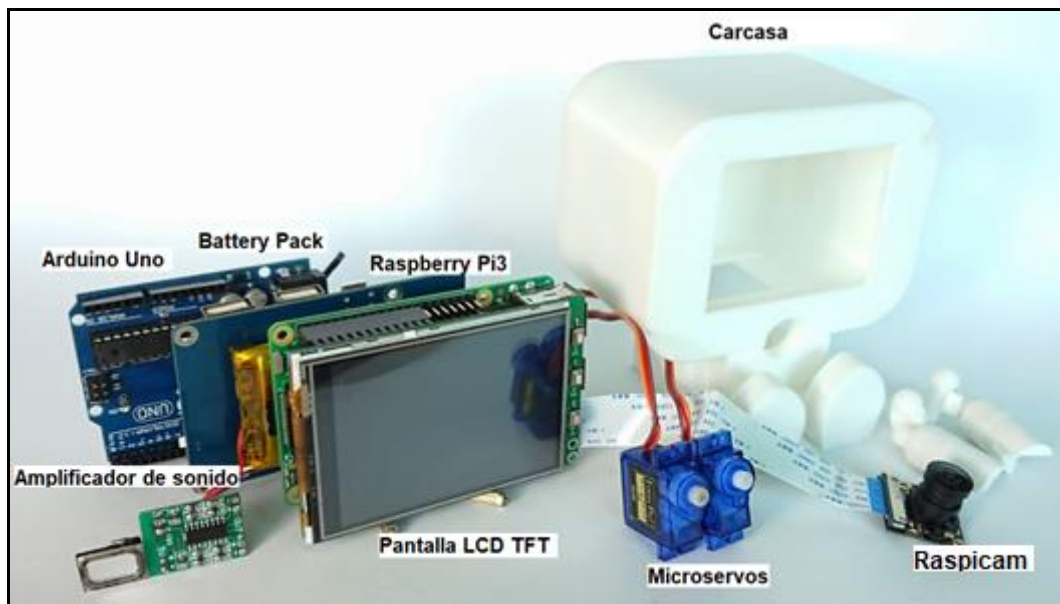


Figura 27. Vista en perspectiva de los componentes electrónicos del robot asistente

La figura 28, muestra los elementos que componen el robot asistente, para finalmente exhibir al mismo ensamblado, con todos los componentes de hardware y software.



Figura 28. Prototipo ensamblado con todas sus partes

4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas ejecutadas se realizaron en un vehículo, bajo condiciones de máxima intensidad de luz solar durante el día, para que la cámara pueda captar de forma óptima el rostro del conductor y sus ojos. Como se muestra en la figura 29, el robot asistencial es colocado frente al conductor con cualquier soporte para celulares, el cual se ubica sobre el parabrisas con una ventosa, lo que facilita su implementación en el vehículo.



Figura 29. Interior de la cabina del vehículo en el que se llevaron a cabo las pruebas del prototipo

Para medir la intensidad de iluminación y el nivel sonoro se utiliza un smartphone Sony Xperia XZ Premium, dado que este es un terminal de alta gama, posee sensores de gran precisión que permiten calcular con facilidad estos valores.

Con el mismo modelo de celular y usando la aplicación Google Maps se planificó una ruta desde el sur de Quito, hacia la parroquia Lloa, con un tiempo aproximado de 22 minutos de recorrido.

Existe un tramo en zona urbana cuyo límite de velocidad máxima es de 50 Km/h y otro que se realiza sobre carretera cuyo límite de velocidad máxima es de 100 Km/h, como se muestra en la figura 30, se realizaron dos pruebas una de ida y otra de regreso al punto de partida.

Límites de velocidad ÁREAS URBANA Y PERIMETRAL			
VEHÍCULOS LIVIANOS Y MOTOS			
Tipo de vía	Límite	Rango moderado (art. 142 g de la ley) Sanción económica y pérdida de puntos	Fuera del rango moderado (art. 145) Prisión, sanción económica y pérdida de puntos
Urbana	50 km/h	desde 51 km/h hasta 60 km/h	61 km/h*
Perimetral	90 km/h	desde 91 km/h hasta 120 km/h	121 km/h*
Rectas en carreteras	100 km/h	desde 101 km/h hasta 135 km/h	136 km/h*
Curvas en carreteras	60 km/h	desde 61 km/h hasta 75 km/h	76 km/h*
TRANSPORTE PÚBLICO			
Urbana	40 km/h	desde 41 km/h hasta 50 km/h	51 km/h*
Perimetral	70 km/h	desde 71 km/h hasta 100 km/h	101 km/h*
Rectas en carreteras	90 km/h	desde 91 km/h hasta 115 km/h	116 km/h*
Curvas en carreteras	50 km/h	desde 51 km/h hasta 65 km/h	66 km/h*
TRANSPORTE DE CARGA			
Urbana	40 km/h	desde 41 km/h hasta 50 km/h	51 km/h*
Perimetral	70 km/h	desde 71 km/h hasta 95 km/h	96 km/h*
Rectas en carreteras	70 km/h	desde 71 km/h hasta 100 km/h	101 km/h*
Curvas en carreteras	40 km/h	desde 41 km/h hasta 60 km/h	61 km/h*
* En adelante			
Fuente: Reglamento de la Ley de Tránsito			EL UNIVERSO

Figura 30. Límites de velocidad para vehículos livianos y motos (Diario El Universo, 2012)

A continuación se presentan las pruebas realizadas para validar y verificar el correcto funcionamiento del prototipo, estas son:

1. Prueba de autonomía energética

Establecido que la batería debía tener una duración mínima de 20 minutos; se concluyó que esta suministra carga a todos los componentes en funcionamiento, por mas de 21 minutos y 32 segundos, así el resultado fue totalmente favorable.

2. Prueba de operación en condiciones de iluminación cambiante

Se realiza una corta lista de control para verificar que el prototipo, funciona correctamente.

Tabla 8. Lista de control de reconocimiento

Reconoce la morfología de rostro bajo las condiciones establecidas	x
Reconoce la morfología de ojos bajo las condiciones establecidas	x

Los rangos de iluminación bajo los cuales opera el sistema, son mostrados en

la figura 31; el valor de luxes bajo las cuales opera el sistema para corroborar estos datos, se utilizó la aplicación de descarga gratuita Light Meter.

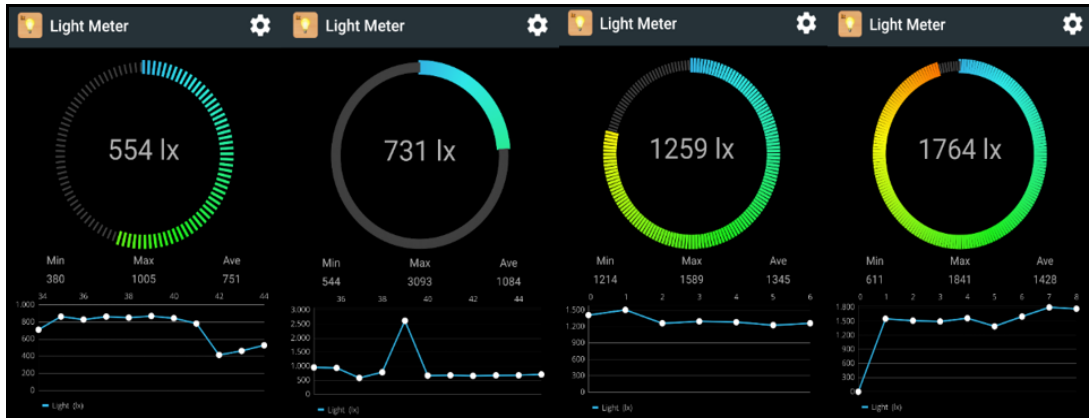


Figura 31. Algunos valores de luminosidad bajo los cuales opera el sistema

Figura 32, se muestran las variaciones de luminosidad durante la prueba a lo largo del camino en un tiempo aproximado de recorrido de 45 minutos.

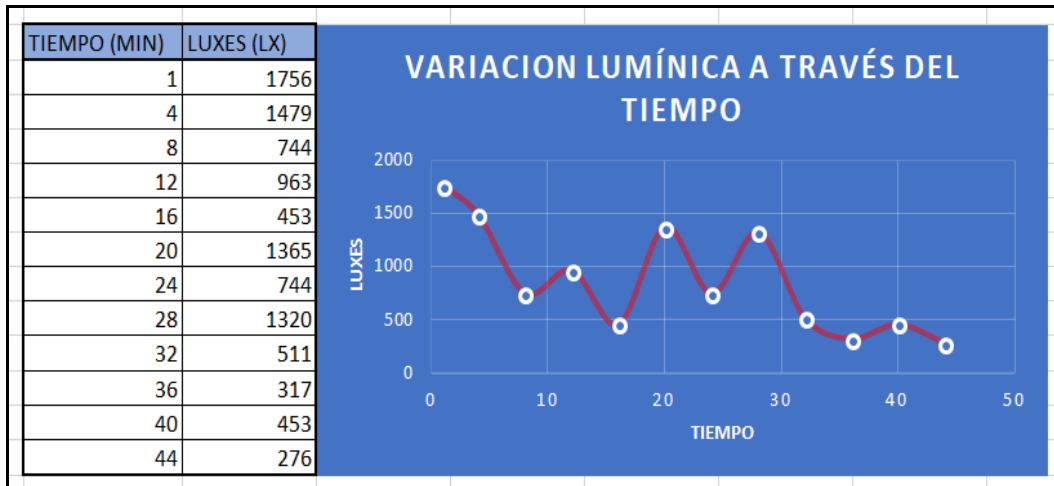


Figura 32. Variación lumínica a través del tiempo de prueba

3. Niveles de sonido producidos durante la prueba en el interior de la cabina

Los rangos audibles que presenta el asistente, fueron medidos utilizando otra aplicación de descarga gratuita llamada Sonómetro, figura 33, los decibelios captados durante la prueba fueron:

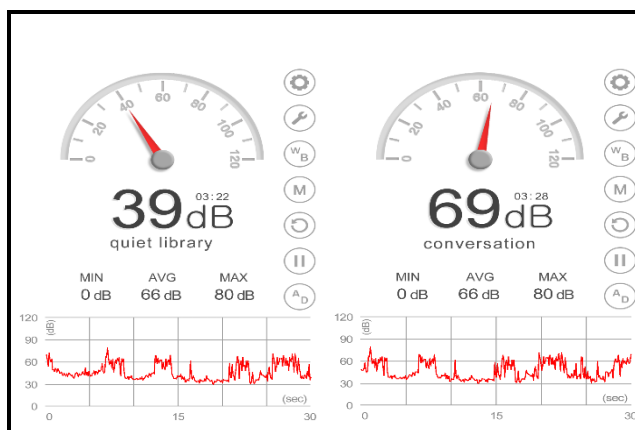


Figura 33. Valores medidos de dB durante la prueba

Cuando el vehículo esta detenido con el motor apagado, el valor es de 39 dB, lo que indica que el ambiente es similar al que existe en una biblioteca. Con el auto en movimiento los decibelios subieron a 69 dB, valor que se asemeja al que existe en una conversación. Con esto la figura 34, muestra una escala de decibelios y el agente que lo puede generar a ese nivel.



Figura 34. Escala de decibelios con diferentes intensidades de sonido

PRUEBA DE FIABILIDAD EN RUTA

Se hizo un recorrido desde una zona urbana, hasta un lugar alejado de poco tráfico vehicular, el recorrido es el que se muestra en la figura 35:

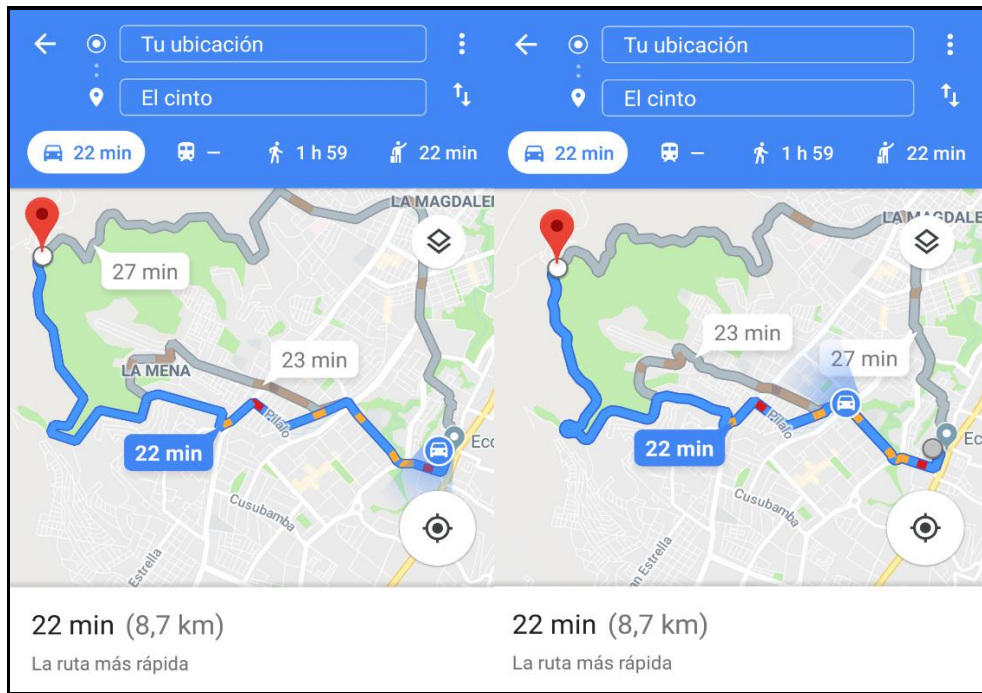


Figura 35. Ruta establecida

Tomando como criterios el número de aciertos y el número de alertas en diferentes tramos del recorrido, se realiza una estimación del porcentaje de aciertos empleando la media aritmética, entre el número de aciertos y el número de alertas, con la siguiente ecuación:

$$\text{porcentaje}_{\text{aciertos}} = \frac{n_{\text{acierto}}}{n_{\text{alertas}}} * 100\%$$

Tabla 9. Porcentaje de acierto, ida

Ciudad		Carretera	
Recorrido	5.2 Km	Recorrido	3.5 Km
# Alertas	6	# Alertas	2
# Aciertos	4	# Aciertos	1
Porcentaje de acierto	66.6 %	Porcentaje de acierto	50%

Tabla 10. Porcentaje de acierto, regreso

Ciudad		Carretera	
Recorrido	5.2 Km	Recorrido	3.5 Km
# Alertas	6	# Alertas	4
# Aciertos	5	# Aciertos	3
Porcentaje de acierto	83.3%	Porcentaje de acierto	75%

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al realizar el análisis de resultados se puede llegar a la deducción del funcionamiento que tiene el asistente personal, mostrados en la figura 36. Se contabiliza un total de 18 alertas, las cuales se presentaron anteriormente.

En la presente figura se muestran los límites de la intensidad de iluminación, entonces los valores óptimos varían entre 400 luxes como mínimo y 1400 luxes como máximo, en éstos, a pesar de estar en el rango de funcionamiento óptimo, aparecen dos alertas, las cuales pudieron presentarse por exceso de vibración en el vehículo.

El sistema opera mejor en condiciones de baja iluminación que a valores elevados, esto ocurre porque se producen reflejos sobre el rostro, lo cual no permite detectar la morfología de la persona de manera correcta. Los puntos verdes son aciertos los rojos fallos.

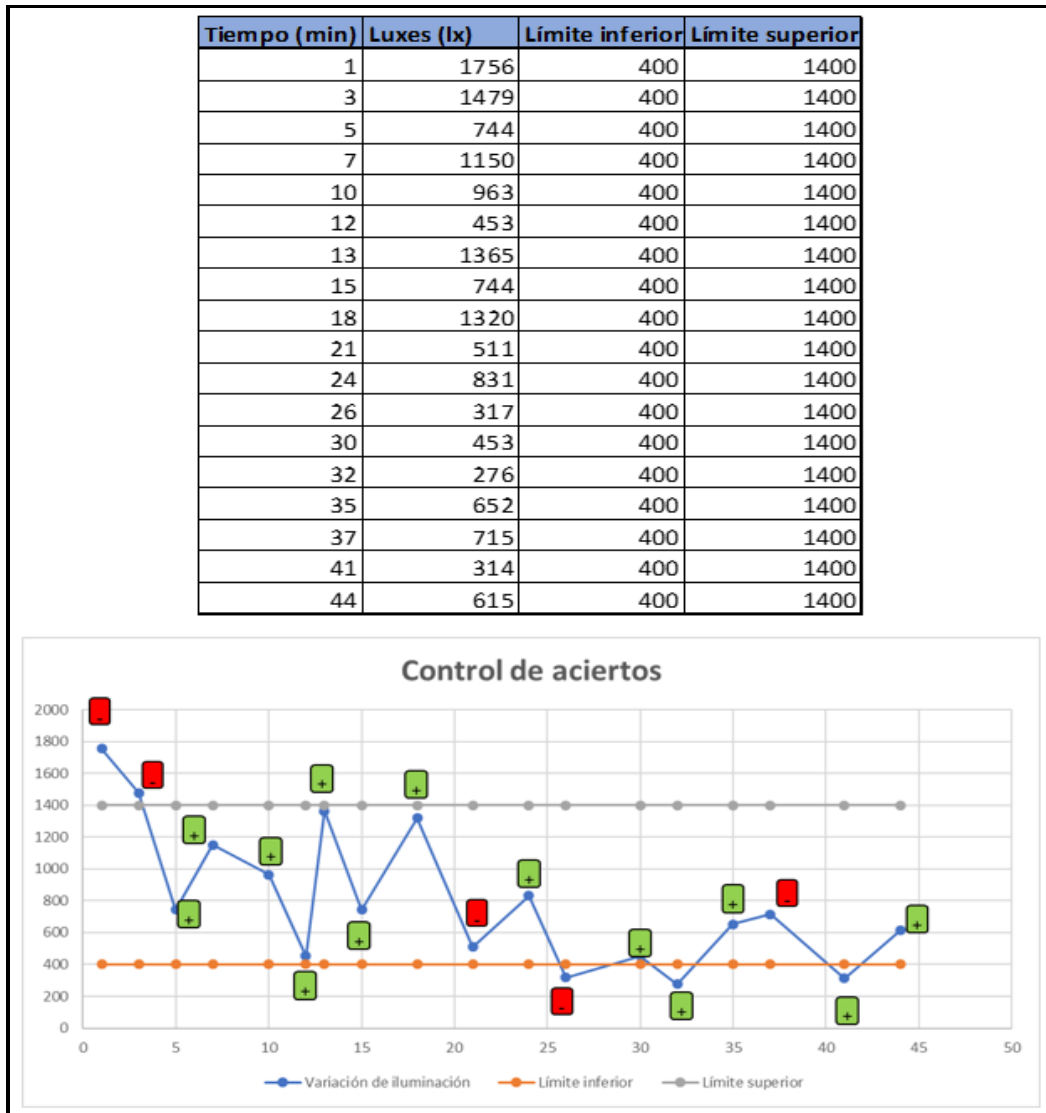


Figura 36. Control de aciertos del robot asistencial relación a la iluminación de la cabina

Las irregularidades presentes en la vía, han influenciado en el desempeño del asistente robótico. En la ciudad de Quito existen muchos sectores que presentan desperfectos, mala señalización y baches, el 80% de las vías de la capital (El comercio, 2017), han cumplido con su vida útil, estimado para un uso de 10 a 20 años.

Esto implica que en varios sectores de la ciudad, las vías de circulación se encuentren muy deterioradas; como se muestra en la figura 37.



Figura 37. Estado de muchas vías en la ciudad de Quito
(Diario Metro,2018)

Esto se destacó al momento de llevar a cabo las pruebas del asistente personal, cuando el vehículo circulaba sobre estas irregularidades, se producían caídas, sacudones e incluso se llegó al peligro de un derrape del vehículo; dando como consecuencia vibraciones falsas, sobre el automóvil, lo que provocó alertas erróneas, como se mostró en la figura anterior.

Al hablar con respecto de las carreteras a nivel nacional, según lo que establece el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, las condiciones de las mismas son las que cito en la figura 38.

Todas las carreteras y caminos del Ecuador llevan el nombre de Red Vial Nacional, la cual esta integrada por la Red Vial Estatal (vías primarias y secundarias), la Red Vial Provincial (vías terciarias), y la Red Vial Cantonal (caminos vecinales). En la figura 38 se muestra el estado de la Red Vial Estatal la cual presenta 63.93% un buen estado, mientras que un 36.07% se muestra como un estado de precaución (ver figura 38), lo que implica que un tercio de las vías a nivel estatal presentan un estado de deterioro o irregularidades sobre su superficie, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas , 2017).

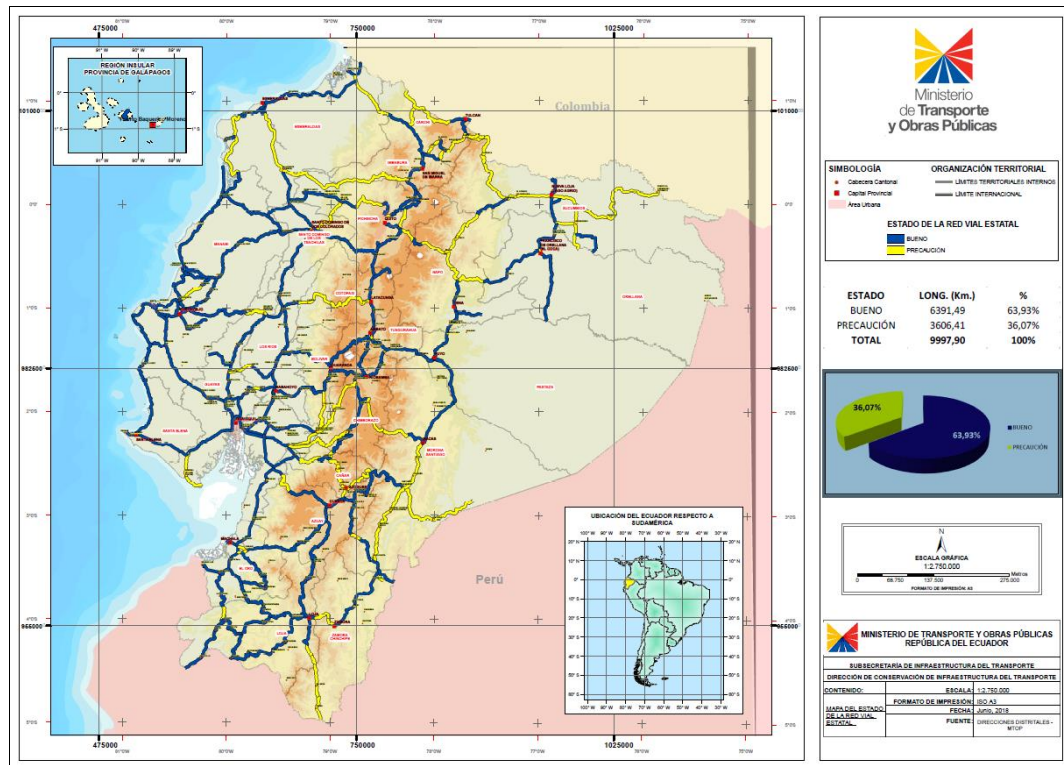


Figura 38. Mapa de la Red Vial Estatal (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2017)

Finalmente se señala, que según las pruebas de campo al momento de activarse las alertas se observa un incremento en 3 dB, como se aprecia en la figura 39, con respecto al nivel sonoro que existía cuando se manejaba el vehículo; cuya sonoridad fue de 69 dB. Estos tres decibelios de sonido, descritos con anterioridad en las condiciones de prueba son suficientes para causar una respuesta positiva del conductor, éste ya es capaz de modificar su comportamiento y advertir sus distracciones. Según la escala decibélica este parámetro se encuentra en un nivel similar al que existe cuando hay tráfico en la ciudad.

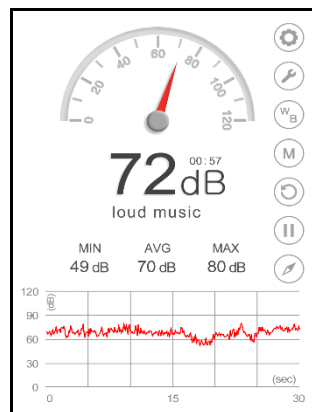


Figura 39. Incremento sonoro al momento de la ejecución de las alertas

Volviendo sobre los datos con relación a las vías del país y teniendo en cuenta lo expuesto en la figura 36, se observa que el asistente robótico es poco fiable en condiciones de luminosidad elevada y presenta falsas alarmas al momento

de realizar el trayecto sobre un camino irregular, ya que hay demasiadas vibraciones, provocando que el sistema tarde en reconocer la morfología de ojos y cara.

Al llevar a cabo esta prueba se tenía el sol al frente, y el recorrido que se muestra en la figura 35, es de ascenso sobre una pendiente; esto llevó a que se generen falsas alarmas de distracción. Cuando se pasaba sobre un bache o se mantenía una velocidad baja se presentaron el mayor número de alertas.

Al realizar el trayecto de regreso se incrementó el número de aciertos del asistente robótico, porque se reducen las condiciones de iluminación máximas, casi en un tercio. Esto provocó que tanto para el conductor, así como para el robot asistencial, exista una mejor visibilidad; es decir, el conductor apreció mejor el camino al ya no tener el sol incidiendo de frente en sus ojos; mientras que el asistente robótico demostró mayor eficiencia al captar y analizar las imágenes que captura.

Finalmente se puede constatar el funcionamiento del asistente robótico, al realizar una media aritmética utilizando la ecuación de porcentaje de aciertos y contabilizando el total de los mismos, esto es 13 aciertos sobre el total de 18 alarmas registradas. Se obtiene así, que la operabilidad total del robot asistente personal es de un 72.22%. Siendo este un valor aceptable si se toman en cuenta todas las condiciones de pruebas que se valoraron, las condiciones de la vía por la cual se transita y el hecho de que es un primer prototipo operacional, el cual puede llegar a ser mejorado en varios aspectos electrónicos y de software.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Para el desarrollo de este proyecto se llevo a cabo un largo y minucioso estudio de diferentes técnicas y métodos de programación.
- Las técnicas, los métodos y las herramientas de ingeniería fueron aplicados de manera exitosa en el desarrollo del proyecto, lo cual permitió alcanzar los objetivos propuestos.
- El asistente robótico resulto muy fácil de operar, concordando con los criterios de referencia de la normativa ISO 25000.
- El costo total de los componentes de hardware del robot asistencial para el desarrollo del proyecto, es de aproximadamente 400 dólares, es un valor elevado si se toma en cuenta que se utilizan elementos de código abierto, pero es un valor asequible, si se piensa en el logro obtenido al haber podido concluir este proyecto.
- Al momento de ejercer la conducción el robot asistente personal puede presentarse como un elemento molesto, para determinados usuarios que mantienen malos hábitos de conducción como son: usar el celular, mientras conducen o estar al tanto de otros dispositivos tecnológicos incluidos en el vehículo; pero puede ayudar a los mismos a ser conscientes de lo que significa estar distraído por unos segundos y de las consecuencias que este comportamiento puede llegar a ocasionar.
- Dadas las condiciones actuales de muchas vías a nivel nacional, con presencia de baches e irregularidades en diversos tramos, se podría aumentar la fiabilidad del sistema si éste es implementado sobre vehículos que tengan una suspensión más suave, ya que es sabido que las vibraciones que se producen en una camioneta son mayores que las de un automóvil.

RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un estudio exhaustivo del lenguaje de programación y del sistema operativo con el cual se trabaja, esto ayudará a desarrollar el código de forma eficiente.
- La Raspberry pi, es una placa de circuito impreso que puede llegar a tener un sobrecalentamiento si se le exige grandes cantidades de procesamiento, para esto es necesario colocar un sistema de enfriamiento sobre ésta.
- Al programar en Python tomar en consideración que éste es un lenguaje flexible basado en C, pero a su vez presenta particularidades que se deben tener en cuenta, para que no presente errores al momento de su compilación.
- El futuro de la conducción autónoma estará basado en sistemas que operen con visión artificial, para lo cual un mayor estudio y elaboración de proyectos semejantes, contribuirán al desarrollo de éstos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO. (31 DE DICIEMBRE DE 2017). OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.ANT.GOB.EC/](https://www.ant.gob.ec/)
- Asus Zenbo. (2018). Obtenido de <https://zenbo.asus.com/>
- Behnke, S. (s.f.). Humanoid Robots From Fiction to Reality.
- Burger, W., & Burge, M. J. (2016). Digital image processing: an algorithmic introduction using Java. Springer.
- Bischoff, R., & Volker Graefe. (2013). HERMES. A Versatile Personal Robotic. Alemania
- Ciencia Tecnología e innovación. (13 de 10 de 2016). Obtenido de <http://portal.oas.org/Portal/Topic/CienciaTecnolog%C3%ADaInnovaci%C3%B3n/Programas/Innovaci%C3%B3nyCompetitividad/tabid/1535/Default.aspx>
- Definición.de. (2018). Obtenido de <https://definicion.de/robotica/>
- Downey, S. (2014). History of the (virtual) worlds. *The Journal of Technology Studies*, 54-66.
- El comercio. (2017). Obtenido de <https://www.elcomercio.com/opinion/editorial/masbatchesenquito-vias-editorial-opinion-columna.html>
- Felipe, G. M. (2017). Sílabo de Ingeniería de software.
- G., L. J. (26 de Septiembre de 2017). Materiales del curso de programación. Santa Cruz de Mara, Venezuela.
- Garcés, M. A., Salgado, J. D., Cruz, J. A., & Cafi3n, W. H. (2015). Sistemas de detección de somnolencia en conductores: inicio, desarrollo y futuro. REVISTAS CIENTÍFICAS: Ingeniería y Región, 159 - 168. Obtenido de <https://www.journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/717/1373>
- Garcia, M., & Salvador Ramirez. (Julio de 2016). Integración de OpenCv en una Raspberry Pi.: Integración de OpenCv en una Raspberry Pi: Sistema de Detección de Rostro vía WEB. Michoacan, México.
- González, C. P. (Septiembre de 2016). Detección y seguimiento de objetos por colores en una Raspberry Pi. Madrid, España.
- Jain, A. K. (1989). Fundamentals of Digital Image Processing. New Jersey: Prentice Hall Information and System Sciences Series.
- Joseph, A., Christian, B., Abiodun, A. A., & Oyawale, F. (2018). A review on humanoid robotics in healthcare. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 153, p. 02004). EDP Sciences.
- K, A. M. (2017). OpenCV-Python Tutorials.
- Londoño, J. A. A., Bravo, E. C., & García, J. F. C. (2017). Aplicación de tecnologías de rehabilitación robótica en niños con lesión del miembro superior. *Revista Salud UIS*, 49(1).
- Mahafza, B. R. (2017). *Introduction to radar analysis*. Chapman and Hall/CRC.

- María Agustina Garcés, José De Jesus Salgado, & William Henry Cañón. (25 de Mayo de 2015). *Revistas Científicas Editorial Usco*. Obtenido de <https://www.journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/7117/1373>
- MARTÍN, J. (06 de 08 de 2018). *Motorpasion*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/tecnologia/el-asistente-a-la-conduccion-del-mercedes-benz-a-prueba-los-primeros-pasos-de-la-conduccion-autonoma>
- Martín, R. R. (s.f.). *RECONOCIMIENTO DE EXPRESIONES FACIALES MEDIANTE IMÁGENES ADQUIRIDAS CON CÁMARA KINECT*. Madrid, España.
- Mercedes Benz. (2017). Obtenido de <https://www.mercedes-benz.com.sg/passengercars/mercedes-benz-cars/models/glc/glc-suv/explore/intelligent-technologies/distance-pilot-distrionic.popup.html>
- Mestres, F., & Vives-Rego, J. (2016). Reflexiones sobre los cyborgs y los robots: evolución humana y aumentación. *Ludus Vitalis*, 20(37), 225-252..
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas . (2017). Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/>
- Moley. (2018). Obtenido de <http://www.moley.com/>
- Monk, S. (2017). *Ejercicios prácticos con Raspberry Pi*. Barcelona: Marcombo.
- Narváez, S., Esteban, J., & Zapata Herrera, A. M. (2015). Reconstrucción de entornos 3d mediante un sistema de visión artificial estereoscópico, para aplicaciones en navegación robótica: etapa 1: implementación de un sistema de visión artificial estereoscópico para la estimación de las coordenadas 3-d de objetos presentes en un entorno bajo condiciones de luz controladas.
- Open Source Computer Vision. (10 de 07 de 2018). *OpenCV*. Obtenido de *OpenCV*: https://docs.opencv.org/3.4/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html
- Patchava, V., Gupta, M. S., & Virginia Menezes. (2015). *Surveillance and Monitoring System Using*. 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT).
- Patio Tuerca. (2015). Obtenido de <https://ecuador.patiotuerca.com/blog/marcas-modelos/>
- Raspberry foundation. (23 de 07 de 2018). *Raspberrypi.org*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=192756>
- Robohon. (31 de Enero de 2018). Obtenido de <https://robohon.com/>
- Rodríguez Cancio, M. (2014). *Aplicaciones para la segmentación de imágenes realizadas en el Centro de Investigación de Métodos Computacionales y Numéricos en la Ingeniería de la UCLV en el período 2011-2013* (Doctoral dissertation, Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información).

- Rodríguez, J. M., Merlino, H., & Fernández, E. (2014). Comportamiento Adaptable de Chatbots Dependiente del Contexto. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 2(2), 115-136.
- Sánchez-Trasgallo, D. A., Carpio, J. M., Montero, R., Luís, E. M., & Araiza, M. A. C. (2014). Descriptores basados en combinaciones lineales de polinomios de Jacobi aplicados en la caracterización de melanoma, comparados estadísticamente con los momentos de Hu. *Research in Computing Science*, 74, 143-156.
- Sunfounder. (23 de 05 de 2018). Obtenido de <https://www.sunfounder.com/battery-power-pack.html>
- TORRA, V. (11 de 01 de 2017). LYCHNOS. Obtenido de <http://www.masadelante.com/faqs/sitio-web>
- Toyota Europa. (2018). Obtenido de <https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/articles-news-events/introducing-kirobo-mini>
- Tránsito, A. N. (10 de mayo de 2017). Agencia Nacional de Tránsito. Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php>
- Trasobares, A. H. (2016). Los sistemas información: evolución y desarrollo. España.
- Waveshare. (25 de 05 de 2018). Obtenido de <https://www.waveshare.com/product/3.2inch-RPi-LCD-B.htm>
- Yu Zhang, Panpan Zhang, Yishen Hu, & Wenxie Zhang. (2014). Design of Personal Assistant Robot with Interactive Interface of. Beijing, China.