

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VICTORIA

SISTEMA VISUAL PARA LA DETECCIÓN DE PEATONES USANDO EL MS *KINECT*

REPORTE DE ESTANCIA II

Que presenta

Hiram Eduardo de León Becerra

Alumno de la carrera de
Ingeniería Mecatrónica

Asesor institucional

Dr. Manuel Benjamín Ortiz Moctezuma

Asesor empresarial

Dr. Héctor Hugo Avilés Arriaga

Organismo receptor

Universidad Politécnica de Victoria

Cd. Victoria, Tamaulipas, Abril de 2021

RESUMEN

Se llevó a cabo un sistema de detección de peatones por medio del campo de la visión artificial, el sistema detecta y reconoce a los peatones que transitan frente del vehículo, su funcionamiento se basa en la cámara *RGB*, que funciona sincronizando la imagen de entrada con el algoritmo de procesamiento para la identificación de los peatones, también se elaboró el boceto y construcción de una pista para el *AutoModelCar* por medio del modelado 3D, así como la construcción de un puente peatonal automatizado acorde a la pista previamente mencionada, integrando un sistema de control por microcontrolador para su operación, logrando obtener un sistema de reconocimiento preciso y eficaz, así como un circuito cerrado bien elaborado para las pruebas de entrenamiento.

Palabras claves: Mecatrónica, ensamble, automotriz, Visión Artificial, *Kineckt*, Diseño, 3D, *python*, algoritmos, electrónica, digital, detección.

ABSTRACT

A pedestrian detection system was carried out through the field of artificial vision, the system detects and recognizes pedestrians passing in front of the vehicle, its operation is based on the RGB camera, which works by synchronizing the input image with the processing algorithm for the identification of pedestrians, the sketch and construction of a track for the AutoModelCar was also elaborated by means of 3D modeling, as well as the construction of an automated pedestrian bridge according to the previously mentioned track, integrating a system of microcontroller control for its operation, achieving a precise and efficient recognition system, as well as a well-developed closed circuit for training tests.

Keywords: *Mechatronics, assembly, automotive, Machine Vision, Kineckt, Design, 3D, python, algorithms, electronics, digital, detection.*

ÍNDICE TEMÁTICO

I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. MARCO TEÓRICO	6
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS	16
V. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	18
VI. RESULTADOS	39
VII. CONCLUSIONES	45
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	49
IX. ANEXOS.....	56

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo que se persigue con el presente proyecto es poder elaborar un sistema de visión artificial capaz de llevar a cabo el reconocimiento fiable y preciso de peatones en tiempo real por medio del *kinect v1*, integrando la facilidad de poder migrar la arquitectura de una *raspberry pi*, con el propósito de poder solucionar de manera directa el reconocimiento de peatones en tiempo real, el cual suele ser poco preciso y fiable al momento de realizar un reconocimiento rápido para tomar una acción en base a ello, donde para poder dar una solución será necesario emprender una investigación a fondo sobre su naturaleza(tipo, a quienes afecta, como, cuando, quienes intervienen, etc.) para así verificar los precedentes y poder entender bien la índole del problema, con lo cual se podrá plantear una solución de manera efectiva.

La Universidad Politécnica de Victoria es una de institución de educación superior que forma profesionistas competentes para el desarrollo científico-tecnológico de la región de Victoria Tamaulipas, mediante programas académicos de calidad, donde su principal misión es contribuir al progreso de México mediante la formación de profesionales altamente calificados, con sentido humano y reconocida capacidad científico – tecnológica para participar en la solución de problemas de alto impacto social y así posicionarse como una institución de educación superior reconocida nacional e internacional por el excelente desempeño profesional de sus egresados, la capacidad y compromiso de su capital humano, la calidad de sus programas académicos y su aportación científico – tecnológica al progreso de Tamaulipas y de México.



Ilustración 1 *AutoModelCar* con carcasa plástica[1]

SISTEMA VISUAL PARA LA DETECCIÓN DE PEATONES USANDO EL MS KINECT

El origen del proyecto se sustenta en las diversas necesidades que se presentan en coche del *AutoModelCar*, mismas que están relacionadas con el sistema visual, ya que este tiene por objetivo el identificar de forma efectiva el cruce de los peatones en tiempo real, dando al auto la capacidad de poder detener el auto o seguir avanzando según sea el caso, poder tomar una decisión de manera rápida para posteriormente continuar con el proceso de análisis del campo recorrido.

Los motivos más comunes presentados en los coches autónomos para el uso del sistema de visión es la falta de efectividad en la conducción autónoma, la rapidez con la que se tiene que procesar dicha información, la precisión en cuanto a identificación, la superposición parcial de los peatones, lo cual crea un mal funcionamiento y muchos riesgos en los coches autónomos.

El grado de complejidad de un sistema de visión puede ser variable, una de las formas más simples es la identificación por aproximación, que en este caso es la que se emplea en muchos de los coches, hasta las más complejas, como los sistemas mixtos que integran varios tipos de identificación en base a los cuales se toma una decisión. El sistema de visión para la detección fue desarrollado con un lenguaje amigable al usuario, capaz de ser legible hacia cualquier tipo de usuario con conocimiento básico de *python*, lo cual permitirá llevar a cabo tareas como:

- Recopilar datos e información que ayude a la resolución de problemas del tipo visual.
- Acciones y eventos son registrados en tiempo real.
- Estandarizar un esquema de identificación para la pronta detección de peatones.
- Monitoreo de tiempos de respuesta y señales de acción conforme a los datos.
- Estandariza los motivos o razones de los problemas al momento de realizar una identificación.
- Notificación automática cuando el tiempo de solución excede del tiempo promedio de solución para su acción en tiempo real.

II. MARCO TEÓRICO

Sistemas de visión artificial



Ilustración 2 Diagrama Básico de la Visión Artificial[2]

Según la Asociación de Imágenes Automatizadas (AIA), la visión artificial incluye todas las aplicaciones industriales y no industriales donde una combinación de *hardware* y *software* brindan una guía operativa a dispositivos en la ejecución de sus funciones en base a la captura y el procesamiento de imágenes (Ilustración 2). A pesar de que la visión industrial por computadora utiliza muchos de los mismos algoritmos y enfoques que las aplicaciones académicas-educativas y gubernamentales-militares, sus limitaciones son diferentes.

Los sistemas de visión industrial necesitan mayor solidez, confiabilidad y estabilidad en comparación con un sistema de visión académico/educativo y el costo suele ser mucho menor que el de aplicaciones gubernamentales/militares. Por lo tanto, la visión artificial industrial implica bajos costos, precisión aceptable, alta solidez, gran confiabilidad, al igual que elevada estabilidad mecánica y térmica. Los sistemas de visión artificial se basan en sensores digitales protegidos dentro de cámaras industriales con ópticas especializadas en adquirir imágenes, para que el *hardware* y el *software* puedan procesar, analizar y medir diferentes características para tomar decisiones[3].

El objetivo último de la visión artificial es conseguir el desarrollo de estrategias automáticas para el reconocimiento de patrones complejos en imágenes de múltiples dominios. En la actualidad, muchos son los campos que se han visto beneficiados por este conjunto de técnicas. Uno de los más conocidos es el de la robótica, ya que los robots con cierta autonomía deben reconocer con precisión la localización de los objetos de su entorno para no colisionar contra ellos, por ejemplo. A menudo, esto lo consiguen por medio de sensores o de cámaras, siendo estos últimos dispositivos idóneos para la aplicación de las estrategias de visión por ordenador.

Sensor kinect



Ilustración 3 Componentes del *kinect* para la consola *Xbox 360*[4]

El sensor kinect (Ilustración 3) fue diseñado para cambiar la manera de jugar con las videoconsolas en los hogares. Fue el primer dispositivo que permitía manejar una consola, sin el contacto directo con un mando. Solo a través de sus sistemas visuales somos capaces de controlar las funcionalidades del dispositivo.

Vio la luz en el años 2009, en la *Electronic Entertrainment Expo 2009*. Su nombre original fue "Project Natal". Se puede definir como un controlador de juego y entretenimiento libre y su creador fue Alex Kipman. Microsoft decidió desarrollarlo para la videoconsola *Xbox 360*.

En el año 2011 salió la segunda versión para PC con *Windows 7* y *Windows 8*. La característica que lo hace diferente, es la capacidad de reconocer gestos, comandos de voz y objetos en imágenes.

Se trata de una tecnología innovadora, detrás de la cual hay una combinación de cámaras, micrófonos y *software*. Todo esto está contenido dentro de *kinect*.

Partes básicas del sensor kinect (Ilustración 3)

- *Cámara de vídeo de color RGB*. Funciona a modo de webcam, capturando las imágenes en vídeo. El sensor kinect utiliza esta información para obtener detalles sobre objetos y personas en la habitación.
- *Emisor IR*. El emisor de infrarrojos es capaz de proyectar una luz infrarroja en una habitación. Según la luz infrarroja incide sobre una superficie, el patrón se distorsiona. Esta distorsión es leída gracias a su otro componente, una cámara de profundidad.

- *Cámara de profundidad.* Analiza los patrones infrarrojos emitidos por el emisor y es capaz de construir un mapa 3D de la habitación y de todos los objetos y personas que se encuentran dentro de ella.
- *Conjunto de micrófonos.* El sensor *kinect* tiene incorporado cuatro micrófonos de precisión capaces de determinar de dónde vienen los sonidos y las voces. También es capaz de filtrar el ruido de fondo.
- *Motor de inclinación.* Este motor tiene la capacidad de ajustar sobre la base, el sensor *kinect*. Es capaz de detectar el tamaño de la persona que está delante, para ajustarse arriba y abajo según convenga[5].



Kinect V1



Kinect V2

Ilustración 4 Contraste Kinect V1 vs Kinect V2[4]

python



Ilustración 5 Logotipo referente [6]

Python (Ilustración 5) es un lenguaje de scripting independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones *Windows* a servidores de red o incluso, páginas web. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad.

En los últimos años el lenguaje se ha hecho muy popular, gracias a varias razones como:

- La cantidad de librerías que contiene, tipos de datos y funciones incorporadas en el propio lenguaje, que ayudan a realizar muchas tareas habituales sin necesidad de tener que programarlas desde cero.
- La sencillez y velocidad con la que se crean los programas. Un programa en *python* puede tener de 3 a 5 líneas de código menos que su equivalente en Java o C.
- La cantidad de plataformas en las que podemos desarrollar, como Unix, *Windows*, OS/2, Mac, Amiga y otros.
- Además, *python* es gratuito, incluso para propósitos empresariales.

¿De dónde viene python?

El creador del lenguaje es un europeo llamado Guido Van Rossum. Hace ya más de una década que diseñó *python*, ayudado y motivado por su experiencia en la creación de otro lenguaje llamado ABC. El objetivo de Guido era cubrir la necesidad de un lenguaje orientado a objetos de sencillo uso que sirviese para tratar diversas tareas dentro de la programación que habitualmente se hacía en Unix usando C.

Características del lenguaje

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| • <i>Propósito general</i> | • <i>Interactivo</i> |
| • <i>Multiplataforma</i> | • <i>Orientado a Objetos</i> |
| • <i>Interpretado</i> | • <i>Sintaxis clara</i> |



Ilustración 6 Logotipo Ubuntu referente[7]

La iniciativa de *software* libre alcanza su máxima expresión cuando en el equipo se instala el sistema operativo GNU Linux en lugar de *Windows*. Existen múltiples distribuciones gratuitas (*OpenSuse*, *Fedora*, *Debian*, *Red Hat*, *Ubuntu*, etc). Algunos han visto en esta diversidad uno de los principales problemas para su implantación. No obstante, todos ellos ofrecen un entorno gratuito totalmente visual y gráfico que facilita el uso de aplicaciones. Algunas Comunidades Autónomas españolas han creado y distribuido a los centros sus propias versiones de *Linux*: *Guadalinex* (*Andalucía*), *Linex* (*Extremadura*), *MAX* (*Madrid*), etc. En la actualidad a nivel mundial la tendencia que parece consolidarse es Ubuntu.

Es una distribución *GNU/Linux* que ofrece un interesante sistema operativo para equipos de escritorio y servidores en el ámbito educativo. Es una distribución basada en Debian cuyas principales características son:

- Facilidad de manejo
- Actualizaciones frecuentes
- Facilidad de instalación del sistema
- Búsqueda e instalación de programas robusta y fácil al basarse en paquetes.
- Libertad de uso y distribución.

El término “*Ubuntu*” proviene del zulú y significa “humanidad hacia otros” o bien “yo soy porque nosotros somos”. Precisamente su slogan “Linux para seres humanos” (*Linux for Human Beings*) pretende enfatizar esa facilidad de manejo. Está patrocinado por Canonical Ltd. Se trata de una compañía británica privada fundada y financiada por el empresario sudafricano Mark Shuttleworth. La versión estable más reciente es *Ubuntu 14.04* porque fue publicada en abril (04) del año 2014 (14). Fue bautizada con el nombre clave “*Trusty Tahr*” (tauro fiel). Es una versión LTS con soporte extendido para 5 años para equipos de escritorio (*versión Desktop*) y para servidores (*versión Server*)[7].



Ilustración 7 logotipo *arduino* Referente[8]

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de *hardware* libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont). Una placa electrónica es una PCB (*“Printed Circuit Board”*, “Placa de Circuito Impreso” en español). Las *PCBs* superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual costa de distintas capas de material conductor. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico. Por lo tanto, la placa *arduino* no es más que una *PCB* que implementa un determinado diseño de circuitería interna.

¿Cómo se originó el *arduino*?

arduino Nació en el año 2005 el Instituto de Diseño Interativo de Ivrea (Italia). *arduino* apareció por la necesidad de contar con un dispositivo para utilizar en aulas que fuera de bajo coste. La idea original fue, fabricar una placa para uso interno de la escuela. Sin embargo, el instituto se vio obligado a cerrar sus puertas precisamente en 2005. Ante la perspectiva de perder todo el proyecto *arduino* en el proceso, se decidió liberarlo y abrirlo al público para que todo el mundo pudiese participar en la evolución del proyecto, proponer mejoras y sugerencias.

¿Por qué usar *arduino*?

arduino es libre y extensible: así cualquiera que desee ampliar y mejorar el diseño *hardware* de las placas como el entorno de desarrollo, puede hacerlo sin problemas. Esto permite que exista un rico ecosistema de placas electrónicas no oficiales para distintos propósitos y de librerías de *software* de tercero, que pueden adaptarse mejor a nuestras necesidades[8].

SOLIDWORKS



Ilustración 8 logotipo *solidworks* referente[9]

Es un *software* de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El *software* que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.

Historia y evolución

Solidworks Corp. fue fundada en 1993 por Jon Hirschtick con sede en Masachuset. Con En el año 1995 lanzó su primera versión del CAD 3D al mercado y en 1997 fue adquirida por Dassault Systemes convirtiéndose en una filial de ésta. Hoy *solidworks* ofrece un conjunto de herramientas completo para crear, simular, publicar, administrar datos y gestionar proyectos y procesos maximizando la innovación y la productividad de los recursos de ingeniería. Todas estas soluciones funcionan juntas para permitir a las organizaciones diseñar productos mejores, de forma más rápida y de manera más rentable.

Soluciones

Ofrece soluciones intuitivas para cada fase de diseño. Cuenta con un completo conjunto de herramientas que le ayudan a ser más eficaz y productivo en el desarrollo de sus productos en todos los pasos del proceso de diseño. La sencillez que es parte de su propuesta de valor, es decisiva para lograr el éxito de muchos clientes. La solución de *solidworks* incluye cinco líneas de productos diferentes:

1. Herramientas de diseño para crear modelos y ensamblajes
2. Herramientas de diseño para la fabricación mecánica, que automatiza documentos de inspección y genera documentación sin planos 2D.
3. Herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible
4. Herramientas que evalúan el impacto medioambiental del diseño durante su ciclo de vida.
5. Herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D para simplificar el modo en que las empresas crean, conservan y utilizan contenidos para la comunicación técnica[9].



Ilustración 9 logotipo *proteus* referente

Es una herramienta software que permite la simulación de circuitos electrónicos con microcontroladores. Sus reconocidas prestaciones lo han convertido en el más popular simulador software para microcontroladores *PIC* y demás. La suite se compone de cuatro elementos, perfectamente integrados entre sí:

ISIS es la herramienta para la elaboración avanzada de esquemas electrónicos, que incorpora una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales y analógicos.

ARES es la herramienta para la elaboración de placas de circuito impreso con posicionador automático de elementos y generación automática de pistas, que permite el uso de hasta 16 capas. Con *ARES* el trabajo duro de la realización de placas electrónicas recae sobre el PC en lugar de sobre el diseñador.

PROSPICE la herramienta de simulación de circuitos electrónicos según el estándar industrial SPICE3F5.

VSM (Virtual System Modelling) es la revolucionaria herramienta que permite incluir en la simulación de circuitos el comportamiento completo de los micro-controladores más conocidos del mercado. *PROTEUS* es capaz de leer los ficheros con el código ensamblado para los microprocesadores de las familias *PIC*, *AVR*, *8051*, *HC11*, *ARM/LPC200* y *BASIC STAMP* y simular perfectamente su comportamiento. Incluso puede ver su propio código interactuar en tiempo real con su propio hardware pudiendo usar modelos de periféricos animados tales como *displays LED o LCD*, teclados, terminales RS232, simuladores de protocolos I2C, etc. *Proteus* es capaz de trabajar con los principales compiladores y ensambladores del mercado.[10]

III. JUSTIFICACIÓN

El proyecto sistema visual para la detección de peatones se realizó con el objetivo de dar solución a diversas problemáticas presentes dentro del sistema del coche autónomo (Ilustración 10), algunas de ellas como son la ineficiencia en cuanto al registro de datos y recopilación de información, incongruencia de información, ineficiencia en cuanto a certeza de reconocimiento de los peatones, información a destiempo, pérdida de tiempo y gasto en recursos, sistema de reconocimiento un tanto obsoleto, entre otras cosas, donde el principal objetivo a atacar es el poder registrar los eventos de reconocimiento en tiempo real de manera más rápida y precisa. El sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* tiene la capacidad de dar solución a diversos problemas y necesidades del coche autónomo tales como:

- Recopilar datos e información que ayude a la mejorar la fiabilidad del sistema.
- Acciones y eventos son registrados de manera inmediata, en tiempo real.
- Estandarizar un esquema de detección, acción y documentación de los problemas.
- Monitoreo de tiempos de respuesta y detección.
- Detección fiable para peatones mediante la integración de diversos métodos de identificación.
- Funcionamiento de aprendizaje continuo en base a muestreos
- Mejorar el sistema de detección especialmente en los puntos ciegos del mecanismo.

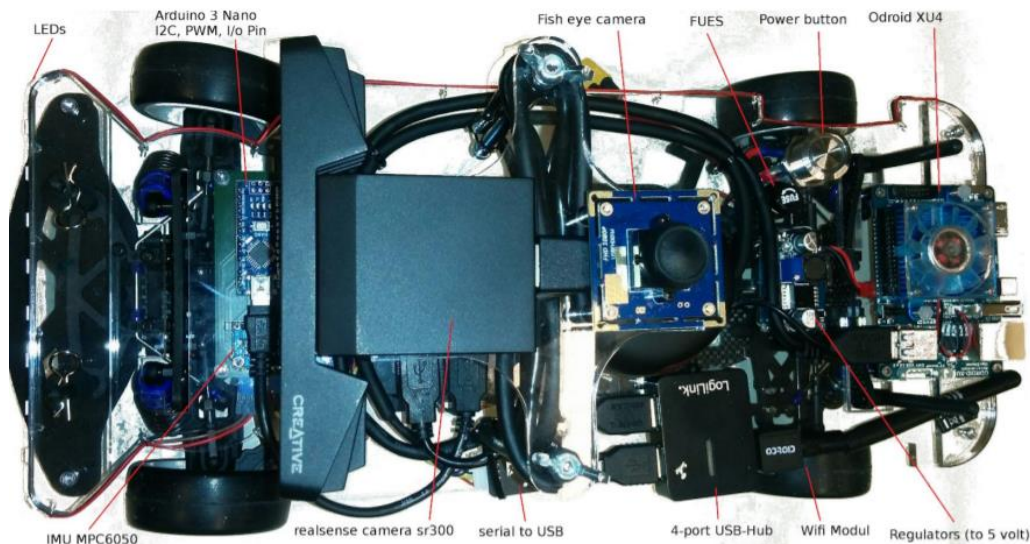


Ilustración 10 Componentes del coche (AutoModelCar)[1]

El sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* además de solucionar directamente las necesidades antes mencionadas también contribuye con mejoras para la empresa en cuanto a calidad, producción y ganancias, ya que al existir un mejor rendimiento por ende existe una mejor calidad en cuanto a resultado en el sistema de detección, lo cual permite obtener un sistema fiable y de alta calidad.

Algunos de los beneficios que el sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* trae consigo son:

- El sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* soporta los planes de mejora continua, en términos de optimizar los tiempos de respuesta, mejorar la fiabilidad de detección y la seguridad de dicho sistema.
- El sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* es usado como una herramienta formal de detección de peatones automatizada para alertar al coche en tiempo real sobre las condiciones del entorno.
- El proceso de respuesta del sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* entrega un mejor soporte al momento de obtener información y rectificar las misma ante una respuesta rápida.
- Permite la fácil visualización debido a la interfaz gráfica proporcionada por el algoritmo al momento de detectar un peatón, representando el estatus del entorno de manera rápida y precisa

Como el sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* implica muchos aspectos de beneficio hacia el coche autónomo, dicho proyecto se considera como uno de los planes de mejora más relevantes, por lo cual requiere de más atención, como ya se mencionó no se trata de un simple proyecto, si no que conlleva aún más responsabilidad ya que al ser implementado en el coche, se debe de verificar que satisfaga las necesidades del coche y el sistema en el que se empleara, además de que sea capaz de efectuar diversas operaciones en simultaneidad a los demás sistemas que interactuaran con él y que no tenga fallos que pudiesen afectar la efectividad de conducción del coche, ya que como es un sistema muy delicado a tratar, requiere de un buen trabajo para obtener un buen resultado.

IV.OBJETIVOS

Actualmente dentro del proyecto del coche autónomo se ha presentado una necesidad muy relevante, la cual está ligada directamente al sistema visual para la detección de peatones, que como ya se mencionó en puntos anteriores presenta varias deficiencias, algunos de estos puntos se mencionan a continuación:

1.-Obtener un sistema de detección de peatones

El coche autónomo no cuenta con un sistema de detección para peatones, por lo cual el rendimiento no está 100 % funcional, lo cual presenta una fuerte desventaja frente a otros sistemas de conducción autónoma, es por ello que uno de los principales objetivos es lograr incluir dicho sistema al coche autónomo.

2.-Reducir los excesos de tiempo

El sistema del coche autónomo a pesar de que no cuenta con un sistema de detección para peatones, podría presentarse una desventaja y esta es la demora en la obtención de la información y su procesamiento, lo cual causa ineficiencia al momento de realizar la detección del peatón, ya que si no lo hace rápido y preciso, podría causar algún accidente, he de ahí la importancia de los tiempos de respuesta sean más eficientes, además de que genera retraso en el sistema, ya que si una operación se tarda sus consiguientes también, desatando una reacción en cadena, lo cual a su vez impide que cumpla con su función y por ende no calcule a tiempo la acción a realizar, por lo cual se pretende optimizar los tiempos de procesamiento y comunicación entre cada entidad.

3.-Disminuir la inconsistencia de datos

Otra de las deficiencias en el sistema de detección de peatones que se hace presente en muchos de los coches, es que al momento de realizar un reconocimiento o identificación de algún peatón, no siempre está solo o en un ambiente controlado, por lo cual se pueden presentar superposiciones, empalmes, multitud, o un ambiente muy saturado de información lo cual causa que el identificador tenga errores y por ende el proceso de reconocimiento no sea efectivo, lo cual puede causar accidentes, exceso de información basura, retardos en el procesamiento de una respuesta acorde a la información recopilada, lo cual causa una inconsistencia en cadena, por ello se pretende integrar técnicas de detección para eliminar la inconsistencia de datos.

4.-Eliminar el gasto de recursos innecesarios

Este tipo de sistema suele emplear componentes demasiado costosos, por lo cual el uso e implementación de dichos suele ser poco común en los coches, pues representa una gran inversión tanto para el fabricante como para el comprador, lo cual causa baja demanda en el mercado, por lo cual se pretende implementar un sistema eficaz, pero a un precio considerable tomando en cuenta lo que es necesario.

5.-Atenuar las deficiencias en el reconocimiento

Los sistemas actuales de reconocimiento de peatones pierden efectividad cuando el peatón es más pequeño, es decir los niños y personas de baja estatura tienden a correr más peligros al ser más difíciles de detectar, esto se puede ver afectado por la disminución de sus capacidades de detección en condiciones de poca visibilidad, por lo cual no se puede confiar al 100% en dicho sistema, tal es el caso de la neblina y ambientes con condiciones difíciles para una cámara, por lo cual se tiene por objetivo implementar algunas técnicas, métodos y equipo para reducirlo en la manera de lo posible.

Objetivos complementarios

1.- Diseñar y fabricar Pista AutoModelCar

Una de las principales problemáticas que se presentan durante la serie de pruebas a un dispositivo como del coche autónomo, es el espacio, las condiciones y el entorno necesario para poder implementarlas, por lo cual se vio la solución de realizar el modelado 2D de una pista basada en el reglamento, los estándares y las necesidades de la competencia mencionadas en el reglamento del *AutoModelCar*.

2.- Construir un sistema de peatones automático

Otra de los problemas es el poder contar con obstáculos automáticos que sean capaces de poner a prueba el rendimiento del coche autónomo dentro de la pista anteriormente mencionada, para lo cual se pensó en implementar un puente peatonal controlado por *arduino* y con las medidas y necesidades de la competencia.

V. DESARROLLO DEL PROYECTO

A continuación, se muestra la metodología seguida para el desarrollo del proyecto. En primera instancia se describe los materiales, dispositivos y equipos que se utilizaron para poder realizar el proyecto, también se incorpora información sobre la descripción del método o procedimiento que se utilizó para el desarrollo del mismo, por último, se incluye la forma en la que se midió, caracterizó y evaluó dicho proyecto.

1. Materiales necesarios para la realización del proyecto:

- *Microsoft kinect 360*
- Adaptador USB y eliminador para *kinect 360*
- *arduino* Uno
- Cable USB tipo A-B
- Fuente de poder 12V
- Puente H (L298N)
- 2 *Switch* (Final de carrera de rodillo)
- 1 *LED* indicador
- 1 *Switch* de balancín
- Motorreductor 12V
- Cadena de bicicleta
- Impresiones 3D(Engranajes, soportes, peatones, sujetadores, etc.)
- Alambre recubierto calibre 22 (conexiones)
- Estaño
- Pegamento Kola Loka
- Madera (2 regletas de 1.80 m)
- Pija para madera de 4 cm
- Cinta de aislar

2. Software necesario:

- *Python 3.8.6*
- *Ubuntu 14.04*
- *arduino IDE*
- *Solidworks2020*
- *Proteus 8*

El presente proyecto fue medido a partir del potencial y alcance que este podría tener al momento de ser puesto en marcha en el sitio donde este fuera a desempeñar su función, donde su trabajo jugará un papel fundamental y de gran relevancia, ya que este sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* presenta la característica de ser escalable, es decir que sigue siendo mejorado constantemente como se efectuó en el presente proyecto, ya que el sistema de detección de peatones ha existió desde ya hace algún tiempo, pero el sistema no ha sido mejorado ni tampoco implementado en el coche autónomo sobre el cual se está trabajando, por lo cual en esta ocasión se implementó (Ilustración 11) este aspecto tan relevante como lo es la comunicación, donde se mejoran algunas características como lo es la rapidez en cuanto a identificación del peatón, los métodos de identificación, la eliminación de ruido en el identificador, el muestreo por los identificadores, la información al alcance de diversos dispositivos dentro del coche autónomo (comunicación), con información coherente y precisa, todo esto debido a la veracidad de los datos que existiría por el muestreo previamente precargado que ya se poseería en el sistema, estos son solo algunos de los puntos a tocar más relevantes sobre el sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect*, que vienen a beneficiar de manera considerable al coche autónomo.

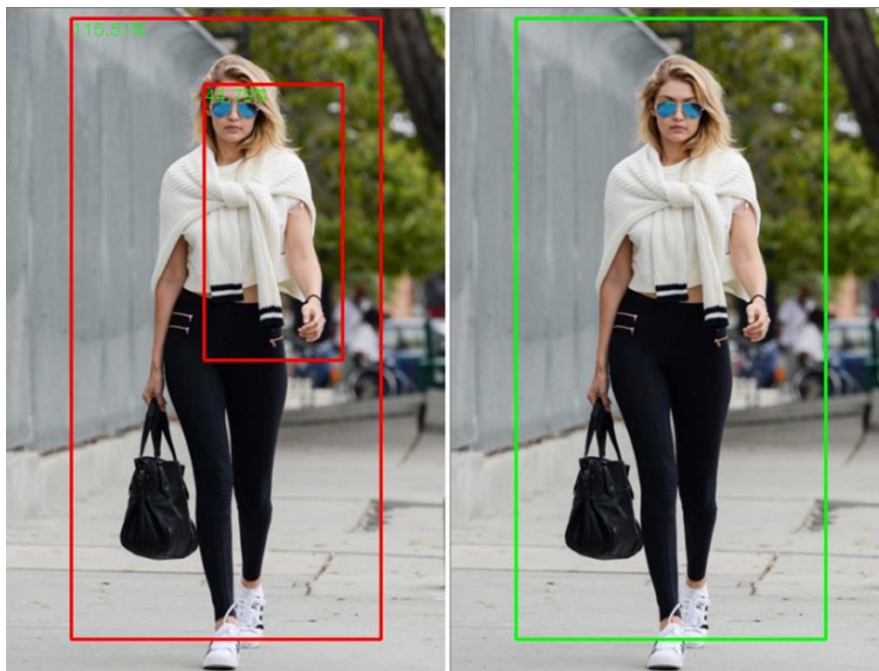


Ilustración 11 Técnica de detección referente [3]

INFORME SOBRE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Descripción (semana 1)

En dicha semana se realizó el proceso de búsqueda y familiarización con el proyecto asignado sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* en relación al (*AutoModelCar*), inicialmente se llevaron a cabo una series de reuniones donde se expusieron temas relacionados con la competencia donde se integraría la participación del coche y las diferentes áreas que se considerarían para su desarrollo, una vez visto todo lo antes mencionado y ya con los temas y áreas de trabajo bien establecidas, se procedió con el proceso de asignación de los roles de trabajo entre cada uno de los integrantes del equipo, acorde a las aptitudes de cada uno, posteriormente una vez asignados los roles de trabajo se procedió con la familiarización del área y el tema a trabajar sobre el proyecto *AutoModelCar*, en este caso el desarrollo de un sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect*, el diseño y fabricación de una pista de pruebas para el circuito *AutoModelCar* y un sistema de peatones automático para dicho circuito como obstáculo para el coche, por consiguiente se procedió a realizar una búsqueda minuciosa con información referente a la instalación de los *softwares* necesarios para el desarrollo de todas las actividades antes mencionadas (*Visual Studio Code*, *python*, *Ubuntu*, *arduino IDE* y *solidworks*), una vez que ya se contaba con el *software* necesario instalado, se procedió a instalar las librerías necesarias para *python*.

Posteriormente se inició el proceso de desarrollo de un plan para la construcción de un algoritmo capaz de identificar peatones en tiempo real por medio por medio del ambiente de *python*, para lo cual se tomaron diversas consideraciones y necesidades que presenta un sistema como este, algunas de ellas:

1. No existe un sistema de detección
2. Excesos de tiempo
3. Incongruencia de datos
4. Gastos de recursos innecesarios
5. Inconsistencia con el sistema de alerta de trafico
6. Deficiencia en el reconocimiento

Los pilares que se tomaron como referencia para tener como base el panorama sobre el cual se adentraría el desarrollo del algoritmo.

Se procedió a plantear el desarrollo de un diagrama de construcción para la pista de *AutoModelCar* tomando como referencia las normativas y recomendaciones planteadas en el reglamento de dicha competencia, sobre la cual se hicieron una serie de sugerencias tal es el caso de costo de fabricación, espacio a utilizar, que obstáculos eran indispensables y si era necesario el emplear el desarrollo de toda la pista, pues dicha pista sería el medio de prueba piloto para el conjunto de pruebas a emplear al momento de poner en funcionamiento el coche autónomo, para verificar su funcionamiento y fiabilidad, así como poder realizar ajustes y modificaciones para poder obtener un mejor resultado.

Se realizó una investigación sobre el proceso para poder efectuar el reconocimiento de objetos por medio de la Visión Artificial y como poder emplearlo en la automatización de forma eficiente, para lo cual se recurrió a proyectos de sistema de detección previamente desarrollados, sobre los cuales se tomó como referencia las técnicas que se utilizaban, que tipo de sistema empleaban y que tan fiables eran, así como los fallos y deficiencias que estos presentaban y poder buscar una manera óptima de poder solucionarlo sin invertir mucho tiempo ni dinero, pero sin perder la fiabilidad y rapidez para la detección de los peatones.

Una vez planteados todos los puntos anteriores como base del proyecto a realizar, se procedió el proceso de planteamiento de los dispositivos y material candidato a emplear en el desarrollo de dicho proyecto, se hicieron diversas propuestas al aire sobre buenos dispositivos para utilizar como sensores, cámaras, actuadores, dispositivos de desarrollo electrónico, comunicación, etc. al final se lograron obtener buenos resultados y algunos posibles candidatos apropiados al tema.

Descripción (semana 2)

En esta semana se definió el modelo a utilizar para el desarrollo de la pista de pruebas *AutoModelCar* para lo cual se empleó el *software* de Diseño *solidworks*, se empezó un diseño basándose en las normativas presentes en el reglamento del *AutoModelCar*, tal y como se aprecia en la (Ilustración 12), donde el desarrollo de las pruebas de conducción autónoma se realizaría sobre una superficie de rodamiento consistente en una carpeta de material plástico artificial de 12 x 8 m, de color negro, debiendo anticiparse cierto nivel de brillo o reflexión de la superficie del material en el que se fabricara en el diseño, sobre la carpeta plástica se definirían las líneas blancas correspondientes a los carriles que se muestra mediante impresión o cinta plastificada (de aislar), tal y como se muestra en la (Ilustración 12) un ejemplo de circuito, con las especificaciones de anchos de carril, radios externos e internos de las curvas, por lo cual al final se pensó que la segunda parte del plano era innecesaria pues completamente simétrica a la primera parte de la pista, por lo cual se desarrolló un diseño que incluyera las curvas y obstáculos mostrados en la (Ilustración 12), pero sin perder la esencia de la misma y utilizando únicamente la mitad del tamaño de la original, para ahorrar dinero, material y tiempo de fabricación.

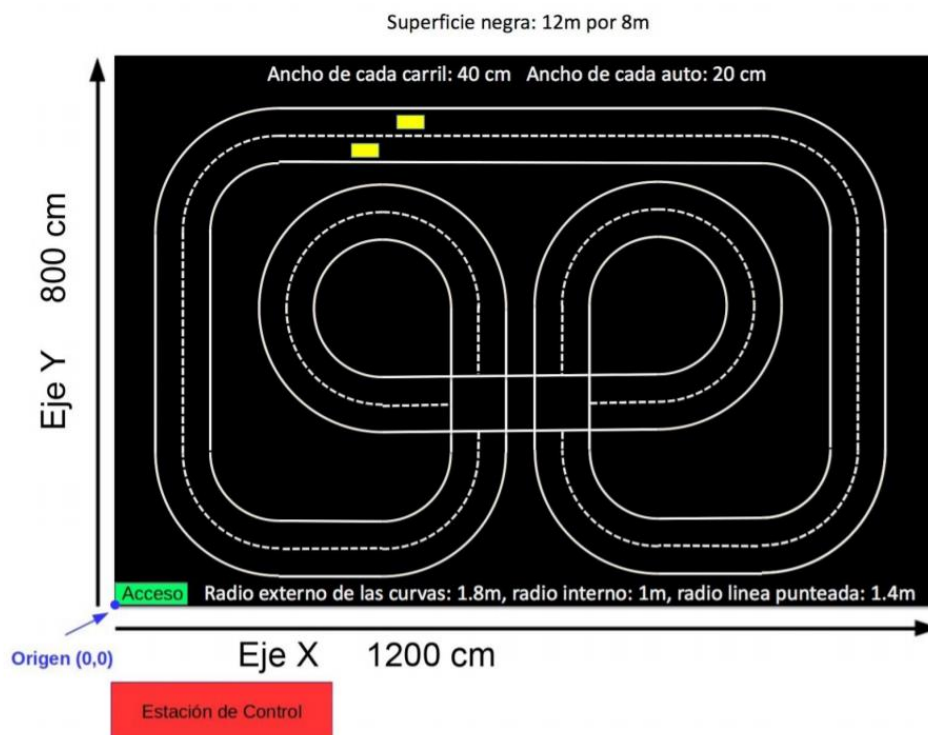


Ilustración 12 Reglamento y medidas de la pista modelo [1]

Posteriormente que se predefinieron las características que el diseño debería de poseer y los ajustes que se deberían integrar, se procedió a realizar el diseño en el *software solidworks*, donde se realizaron 2 propuestas en 2D integrando las medidas, curvas, posiciones de proximidad, colores y líneas guía solicitados, obteniendo algo como lo que se observa en (Ilustración 13, Ilustración 14).

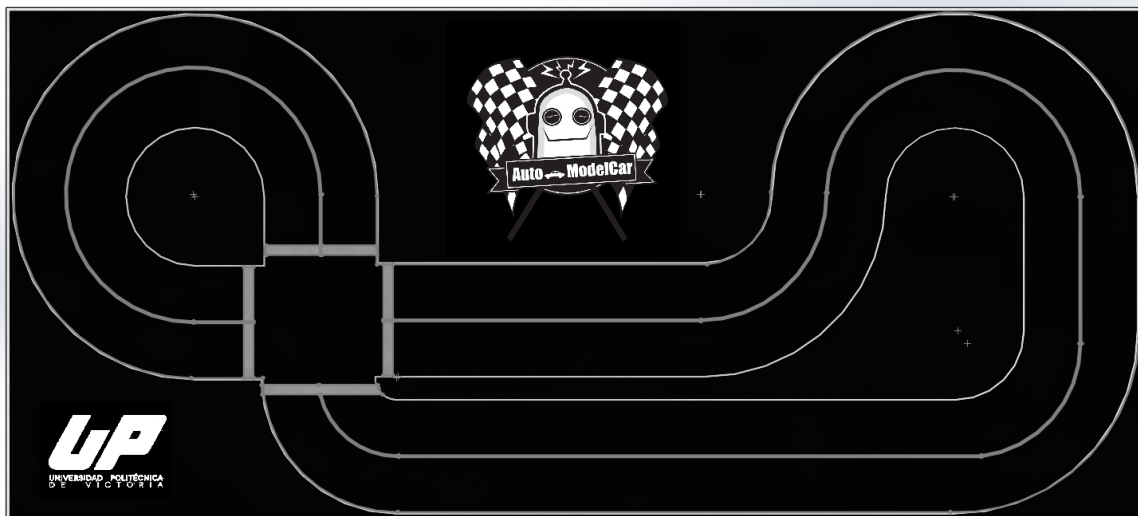


Ilustración 13 desarrollo de Modelo 1 Pista *AutoModelCar*



Ilustración 14 desarrollo de Modelo 2 Pista *AutoModelCar*

Posteriormente se analizaron ambas opciones conforme a lo previsto, donde se observaron cosas favorables y perjudiciales en ambos diseños, sobre los cuales se llegó a la conclusión de seleccionar el primer modelo (Ilustración 13), haciendo unas pequeñas modificaciones en las líneas guía y los logotipos obteniendo el diseño final, tal y como se puede apreciar en la (Ilustración 15).

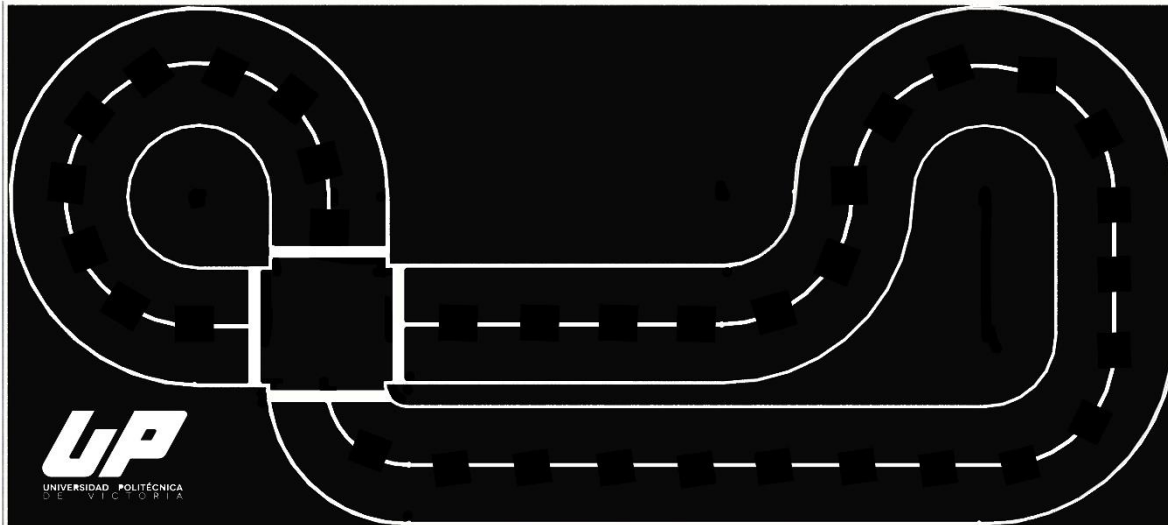


Ilustración 15 Version final pista *AutoModelCar*

Posteriormente a obtener el diseño 2D de la pista de pruebas para el *AutoModelCar*, se procedió a realizar su fabricación, para lo cual se mandó a realizar a una imprenta, en lona plástica.

Posterior a ello se procedió a continuar con el desarrollo de la pista de pruebas para la pista de *AutoModelCar*, donde se planificó y se realizó un bosquejo del modelo a utilizar para la fabricación del sistema de transporte de peatones automático para la pista, el cual consistía en integrar un puente con un sistema de engranajes capaces de hacer girar una cadena a través del puente, la cual por medio de un sistema mecánico moviese a los peatones de un lado a otro a través de un acoplamiento, dicho puente debía ser lo suficientemente resistente como para poder cargar con el peso de la cadena y cumplir con las medidas la pista antes mencionada en cuanto a ancho y con la altura del coche a trabajar, para lo cual se realizó el proceso de medición y visión de las especificaciones técnicas y físicas del coche, tal y como se observa en la (Ilustración 16).

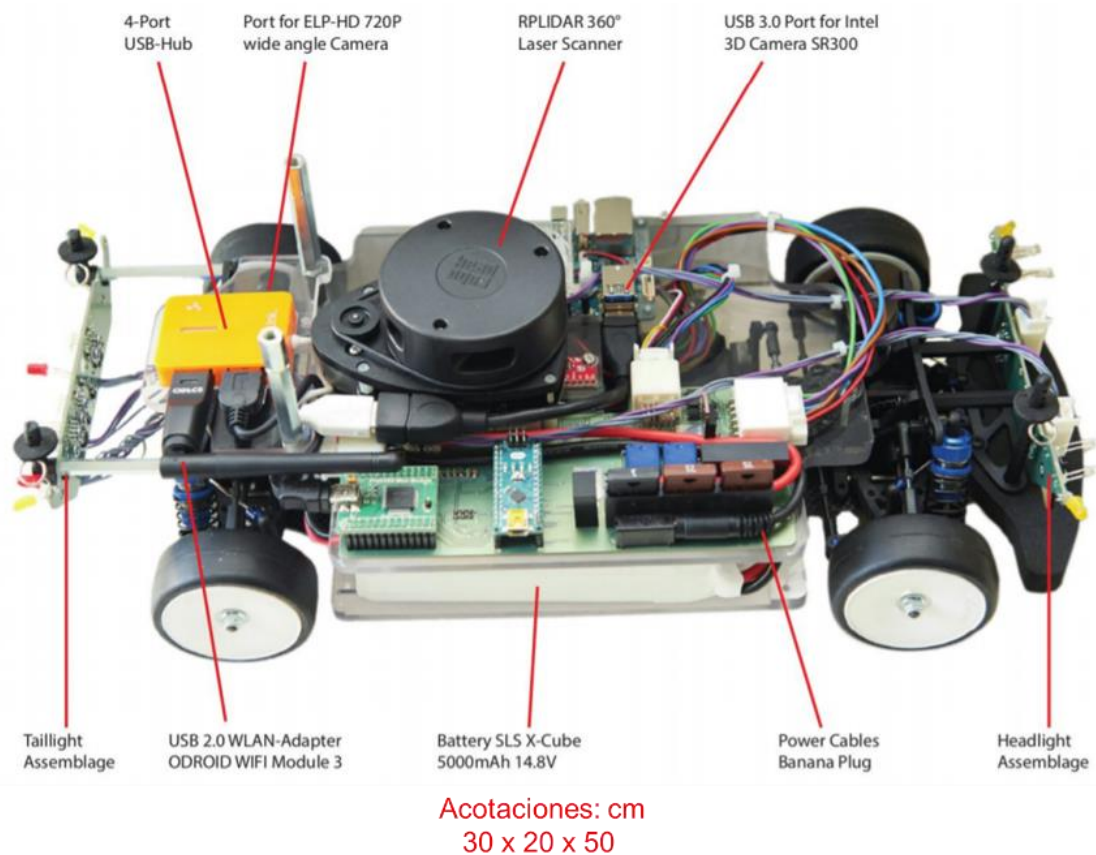


Ilustración 16 Componentes y medidas del coche *AutoModelCar* V1[1]

Una vez medido el coche se planteó que el material más fácil de maniobrar y conseguir era la madera, una vez planteado esto se vio que controlador se podría emplear para regular el comportamiento de dicho mecanismo y se optó por usar un *arduino*, un puente H para regular el sentido de desplazamiento de los peatones, además de otros elementos electrónicos, con lo cual se logró obtener una lista del material necesario para la construcción del modelo seleccionado, entorno al diseño del puente antes mencionado, se procedió a elaborar una solicitud para la adquisición del material necesario para el desarrollo del presente proyecto, esto tomando como referencia la serie de componentes antes mencionada, sobre los cuales se elaboró una cotización (Tabla 1).

Una vez realizado lo antes mencionado se inició el proceso de construcción del puente de peatones para la pista *AutoModelCar*, para el cual inicialmente se procedió pasando el bosquejo inicialmente mencionado a diseño 3D para tener una vista previa de sus medidas y colocación dentro de la pista, obteniendo algo como lo que se aprecia en la (Ilustración 17)

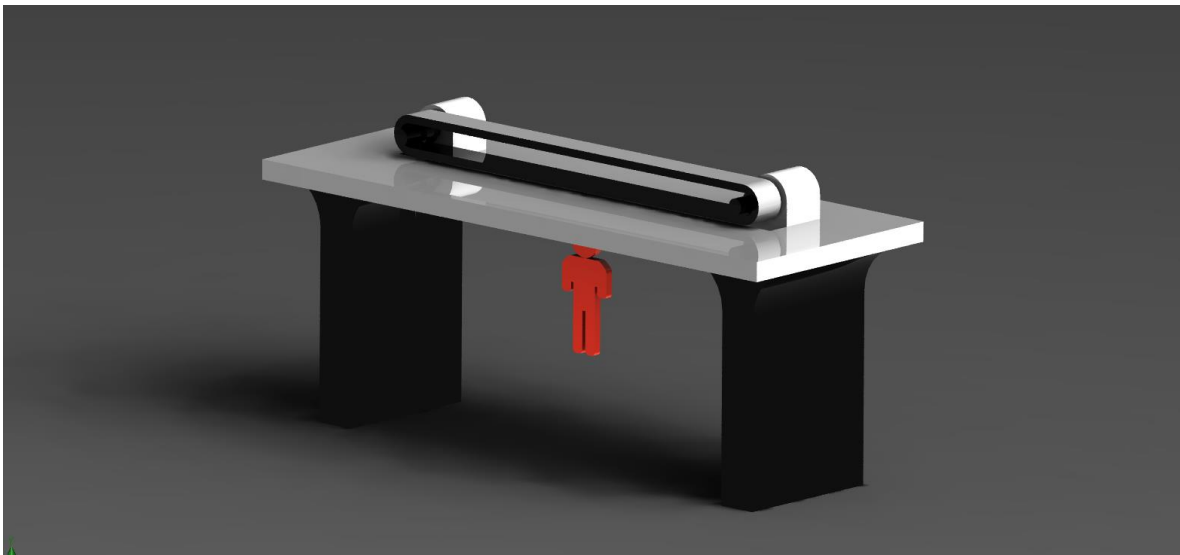


Ilustración 17 Puente peatonal modelado en solidworks

Plano que se utilizó para empezar la construcción del puente, para lo cual inicialmente se cortaron una serie de regletas de madera con las medidas establecidas en el modelo 3D que se realizó tomando como referencia el diseño 2D de la Pista *AutoModelCar* y las medidas del coche autónomo, posteriormente se realizó el pintado y secado de las mismas, una vez efectuado dicho procedimiento se procedió a ensamblar quedando algo semejante a lo que se aprecia en la (Ilustración 18).



Ilustración 18 Construcción parcial puente peatonal

Posteriormente se empezó el desarrollo del algoritmo de detección de peatones por medio de sistemas de visión artificial, esto debido a que los demás componentes eléctricos y

materiales aun no llegaban, por ende se optó por empezar el desarrollo de dicho sistema, se inició realizando una investigación minuciosa sobre las técnicas de detección de objetos que se utilizan actualmente en los coches autónomos para tratar de replicarlas en el entorno de *python*, así como las deficiencias que este tipo de sistema de peatones presenta, para poder empezar a establecer un sistema funcional que tenga por objetivo cumplir con la detección de peatones y tratar de solucionar las necesidades y deficiencia de sus parecidos.

Fue el primer intento, iniciando por la medición e identificación de objetos a partir de sistemas geométricos, por lo cual se realizó con figuras, de lo cual se desprendieron más opciones, como identificación por color, por patrones, por muestreo, por áreas y por identificadores faciales, se pensó en implementar un sistema mixto, pero el presente es el avance hasta el punto actual.

Posterior a realizar un pequeño avance en el desarrollo del algoritmo que sería el identificador de peatones del sistema que integraría al coche autónomo, se prosiguió con el proceso de diseño y modelado en 3D de los peatones que servirían como obstáculos en el proceso de pruebas del sistema de identificación de peatones por medio del sensor *kinect*, para lo cual se tomó como referencia las medidas presentadas en la (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con el objetivo de poder escalar los peatones a un medida proporción al coche autónomo, además de que dichos peatones presentaran la imagen de un peatón real, esto con la intención de presentar un ambiente de simulación real y entrenar lo mayormente posible el sistema de identificación con respecto a un circuito con todas las dificultades y obstáculos posibles, así poder predecir errores, deficiencias y necesidades del sistema que se pudiesen presentar en tiempo real durante las pruebas de la pista *AutoModelCar*, para lo cual se empleó el *software* de diseño *solidworks*, en el cual se realizó el proceso de modelado 3D con las características antes mencionadas, obteniendo algo semejante a lo que se puede observar en la (Ilustración 19).



Ilustración 19 Modelo de peatones 3d realizados en solidworks

Descripción (semana 3)

Durante el transcurso de esta semana se llevaron a cabo diversas actividades, entre ellas se encuentra la noticia de que la pista para la competencia AutoModelCar ya se encontraba impresa, en la (Ilustración 20) se puede apreciar claramente que el diseño elaborado en solidworks sobre la pista AutoModelCar es exactamente el mismo y acorde a lo planeado.



Ilustración 20 Lona impresa diseño pista AutoModelCar

Una vez diseñados los peatones, se procedió a llevar a cabo el proceso de impresión de dichos modelos en 3D, haciendo uso de filamento *PLA* de color negro, para lo cual se pasó a código G cada uno de los modelos antes mencionados, posterior a su proceso de impresión en 3D se llevó a cabo el proceso de impresión de cada una de las imágenes 2D de las caras frontal y trasera de cada uno de ellos, para obtener una vista más real y apegada al circuito del *AutoModelCar*, logrando conseguir algo como lo que se observa en la (Ilustración 21).



Ilustración 21 Impresiones 3d de los modelos previamente realizados

Por otra parte del algoritmo desarrollado en *python* se procedió a realizar la detección de peatones, donde ya se contaba con algunos modelos para las pruebas de reconocimiento, la primera opción fue utilizar el *kinect SDK de Microsoft*, herramienta que fue desarrollada para desempeñar específicamente las características del *kinect* desde el ordenador, el único percance que se tiene con este, es el método de conexión y ejecución que solo se encuentra disponible para *Windows*, por otra parte *Microsoft* dejó de dar soporte al software, por lo cual en la actualidad puede presentar una serie de errores debido a la falta de seguimiento, esta herramienta tenía grandes alcances a futuro, pues proporcionaba buenas funciones para la creación de programas, pero el hecho de que solo se pudiera utilizar en *Windows* marco una gran diferencia, pues como es de saberse el sistema operativo del coche autónomo no concuerda con este, por lo que sería prácticamente imposible realizar la conexión de una manera óptima, es por ello que se decidió descartar dicha herramienta dentro de las opciones con las que se contaba.

Por otra parte la otra opciones con la que se contaba era la utilización del *Libfreenect*, la cual es una librería creada por usuarios para poder utilizar las características del *kinect* en *python*, en contraste con el *kinect SDK* no se presentaban problemas en cuanto al sistema operativo, pues en este caso se puede ejecutar tanto en *Linux* como en *Windows* sin complicaciones, por lo cual inicialmente se tomó la iniciativa de ejecutar una serie de pruebas en *Windows* para comprobar el funcionamiento de la librería, el inconveniente que se presentó fue que las instrucciones de instalación de la librería de *Windows* son muy confusas, por lo cual el proceso de instalación en *Windows* se vio un poco más difícil, por ello se tomó la decisión de ejecutar otra de las opciones con las que se contaba, la cual era el *OpenNI* la cual es una librería creada por la empresa que creó la tecnología del *kinect*, en cuanto a este rasgo es importante recalcar que es una herramienta creada por las mismas personas que diseñaron el *kinect* como tal, pero al igual que en las anteriores opciones se hizo presente el mismo percance, pues las instrucciones de instalación estaban demasiado desactualizadas y muy confusas, por lo que se generaron varios inconvenientes y vacíos en el proceso, por ello se tomó la decisión de realizar la instalación de una máquina virtual con el sistema operativo en el cual las instrucciones eran más claras, para efectos del presente proyecto se decidió por utilizar *Ubuntu*, ya que este sistema operativo es el que tiene más documentación con el presente caso y las instrucciones se encontraban un poco más claras que en *Windows*, además de que dicho sistema operativo es el que se estaba empleando para realizar el proceso de simulación de eventos con el coche

autónomo, por lo que hacer este cambio de sistemas operativos era un paso necesario. Durante el proceso de instalación de la máquina virtual se llevó a cabo una reunión, en la cual los encargados del proyecto comentaron la posibilidad de poder ejecutar el reconocimiento de los peatones utilizando una cámara *RGB*, dado que el *kinect* tiene integrada una cámara de ese tipo, pues se mencionó que sería más tardado incorporarse a un nuevo sistema operativo y por el corto tiempo que había sería un tanto tedioso establecer el método de conexión, por lo cual se llegó a un acuerdo en conjunto con el personal a cargo de hacer la detección mediante *python* incorporando el uso de una cámara *RGB*, una vez trazada la nueva meta se inició el proceso de desarrollo del nuevo algoritmo para la detección de peatones, donde se descubrió que *python* ya cuenta con una librería preestablecida para la detección de peatones por lo que se utilizó en el desarrollo de dicho algoritmo, además fue útil el uso de la librería *OpenCV*, esta librería permitió realizar el procesamiento de las imágenes de manera fácil y sin muchas complicaciones, por otro lado esta herramienta ya se ha usado en algunas ocasiones, por lo cual al comienzo del desarrollo del presente algoritmo se hizo la detección de peatones utilizando únicamente una imagen, a modo de prueba esta primera versión del algoritmo se puede apreciar en el (Programa 1). El cual es capaz de llevar a cabo el proceso de detección de peatones en una fotografía, en la (Ilustración 22) se puede apreciar el funcionamiento en tiempo real del algoritmo, se puede observar que el algoritmo pudo detectar 2 personas, mientras que a la tercera persona que aparece superpuesta a la persona de blanco no la pudo detectar, esto debido a que no se puede observar de manera completa la silueta, el método que se utilizó para hacer la detección es mediante el método *HOG* y *SVM*.

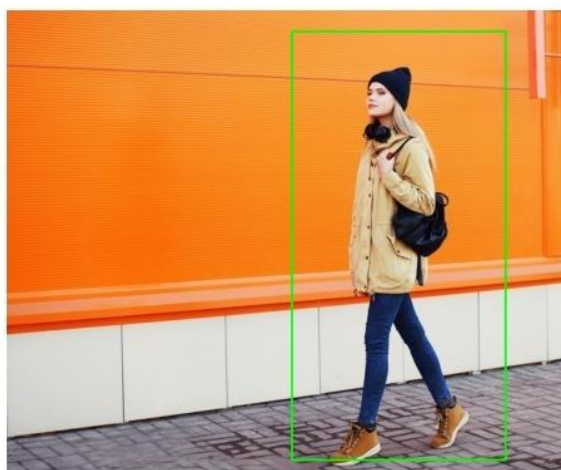


Ilustración 22 Pruebas de identificación de peatones en tiempo real python

El método *HOG* (*Histogram of Oriented Gradients*) es un método presentado por Navneet Dalal y Bill Triggs en 2005]. Se basa en la orientación de los gradientes de una imagen para la detección de objetos existentes en dicha imagen. Es un método similar al *SIFT*, Reconocimiento de formas e Histograma de bordes orientados, entre otros. El método *HOG* es que éste no calcula los gradientes de manera uniforme sobre un mallado denso, sino que primero divide la imagen en bloques, estos a su vez en subbloques y una vez obtenido estos últimos, se calcula en ellos el gradiente y el histograma, donde una vez sacado el histograma de gradientes orientados, se almacenan en un vector de características.[11] En si el algoritmo en esta primera fase es capaz de realizar la detección mediante la selección de una fotografía, pero en la vida real se necesita hacer la detección, en tiempo real, es decir que el video esté funcionando mediante la obtención mediante la adquisición de video, y hacer el proceso *frame a frame*, donde se puede observar el resultado obtenido gracias al algoritmo realizado en *python*.

Posteriormente se implementó un mecanismo capaz de transportar a los peatones de un lado a otro mediante una estructura elaborada anteriormente, para lo cual se pensó en el proceso de fabricación de una serie de acoplamientos para los peatones con referencia al mecanismo y así facilitar su desplazamiento, para ello fue necesario hacer uso de la herramienta de diseño 3D de *solidworks* donde además de los acoplamientos se fabricaron modelos 3D de engranajes, carcasas, soportes y sujetadores, los culés formarían parte del sistema físico del puente de peatones, obteniendo algo como lo que se puede apreciar en la (Ilustración 23, Ilustración 24)

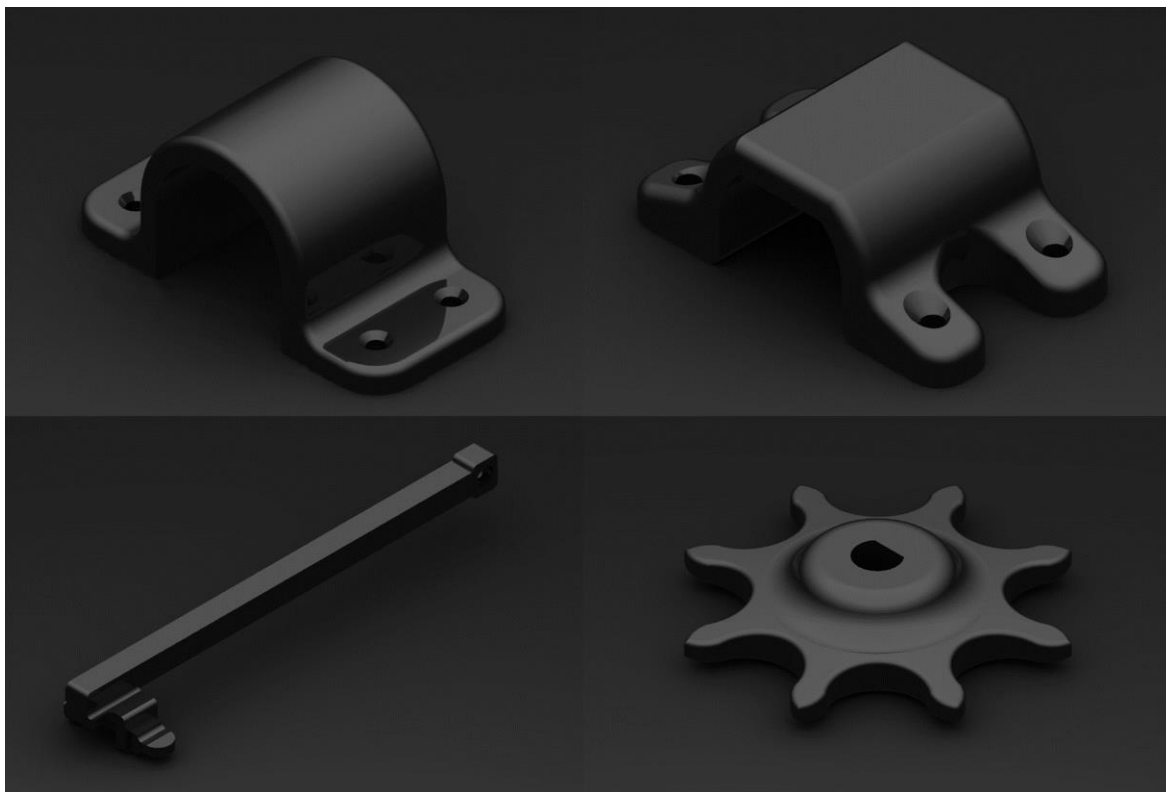


Ilustración 23 Modelos 3d (engranajes,soportes y sujetadores) realizados en solidworks



Ilustración 24 Impresión 3d de los (engranajes,soportes y sujetadores) realizados en solidworks

Posterior a ello se realizó el proceso de integración de los esquemas electrónicos para el proceso de operación de dicho mecanismo de manera autónoma, para lo cual se hizo la simulación de dicho circuito en el simulador de Proteus, donde se estructuro desde 0 el conjunto de enlaces y conexiones entre actuadores y sensores, para el proceso de control por medio del Microcontrolador *arduino* Uno, el cual estaría enlazado al puente H, encargado de regular la salida de voltaje y el sentido de giro sobre el motor, lo que permitirá controlar el sentido de giro y la velocidad del mismo, para el proceso de transporte del peatón de un extremo a otro sin exceder las delimitaciones del puente, para lo cual se colocaron finales de carrera dentro del simulador hasta obtener algo como lo que se aprecia en la simulación de *proteus* presente en la (Ilustración 25).

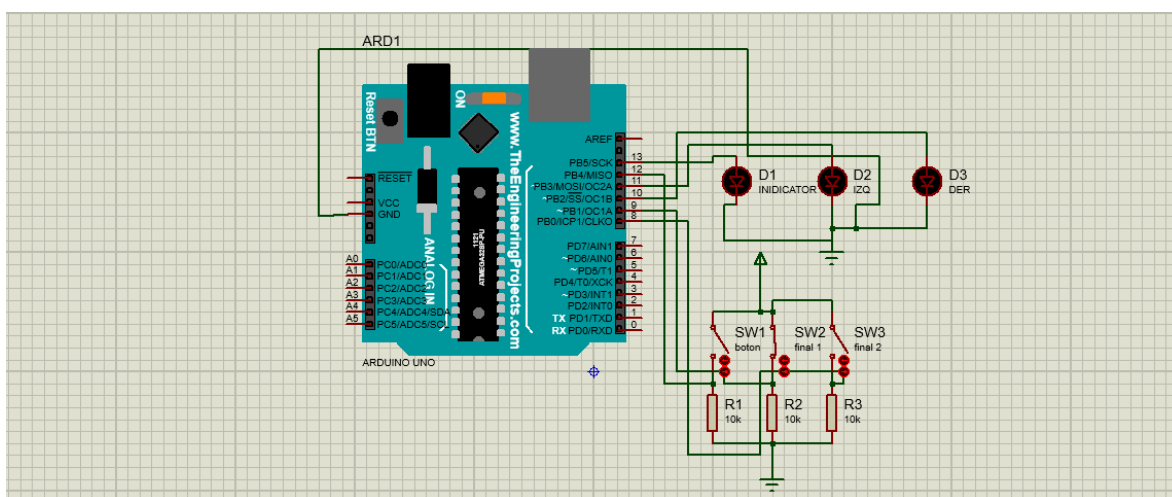


Ilustración 25 Simulación en proteus del sistema electronico del puente peatonal

Una vez efectuado la simulación y verificado su funcionamiento por medio de *proteus*, se procedió a realizar el cableado y ensamblado de los componentes electrónicos en la estructura previamente realizada, sobre la cual se realizó una serie de pruebas de conexión entre dicho sistema y el equipo a utilizar en la pista, esto conforme a las medidas y los parámetros de velocidad, obteniendo algo como lo que se aprecia en la (Ilustración 26).



Ilustración 26 Construcción, cableado y ensamblado de los componentes electronicos

Una vez verificada la circuitería dentro del puente de peatones se procedió con la colocación (Ilustración 27) de los ejes de rotación, los engranes, los soportes y sujetadores previamente impresos en 3D, una vez colocados los ejes de rotación y el motor se procedió a realizar el proceso del cableado eléctrico del controlador hacia el actuados (motorreductor), posteriormente se realizó el diseño y colocación de los finales de carrera para el puente con el fin de optimizar la manera de desplazamiento del peatón, incorporando un sistema de señalamiento para la operación de dicho mecanismo por medio de un led indicador para el funcionamiento activo/inactivo, a lo cual se añadió un switch para realizar la función (*enable/disable*) del sistema de automatización, para lo cual se requirió el cableado desde el punto de control hacia sus extremos, donde al igual que el circuito del panel de control se hicieron diversas pruebas de continuidad y de funcionamiento para verificar la fiabilidad del mismo, se implementaron algunos ajustes para la mejora del mismo y al final se logró obtener algo como lo que se aprecia en la (Ilustración 28).



Ilustración 27 Ensamblado de los ejes y motorreductor puente peatonal



Ilustración 28 verificación del funcionamiento de sistema electrónico

Descripción (semana 4)

En esta semana se logró culminar el desarrollo del proyecto, pues se llevó a cabo la versión final del algoritmo (Programa 2) de reconocimiento de peatones, para un resultado más optimo, como se sabe existen muchas aplicaciones basadas en la visión artificial, donde se utiliza la detección de movimiento, como por ejemplo cuando se quiere contar a las personas que pasan por un determinado lugar o cuantos coches han pasado por lugar, en todo estos, lo primero que se tiene que extraer es las personas o lo coches que hay dentro de la escena que se analiza, es por ello que existen diversas técnicas, métodos o algoritmos que posibilitan el poder efectuar la detección de movimiento, el objetivo de este pequeño apartado es poder entrar en detalle en la base de la matemática y científica que se encuentra detrás de a técnica. Actualmente en el mundo en el que se vive, el tiempo es un bien muy costoso y preciado. A continuación, se mostrará los fundamentos de la sustracción de fondo y como se utilizó esta técnica para la detección de peatones con *OpenCV* y *python*.

El desarrollo del algoritmo se basó en el programa previamente elaborado, solo que ahora haciendo de la detección de peatones en tiempo real, es decir con la entrada de video, como todo algoritmo inicialmente se hizo la declaración de las bibliotecas necesarias, posterior a ello se inicializaron los descriptores *HOG* y *SVM*, donde las máquinas de vectores de soporte nos permiten encontrar la mejor línea que separa los datos, posterior a ello se inicializa la captura de imágenes desde la webcam, haciendo uso de la función *VideoCapture*, la cual permite la transmisión en vivo con la cámara generalmente incorporada en el ordenador o proveniente desde algún dispositivo externo, posteriormente se redimensiona la imagen para que sea más fácil y rápido el procesamiento de las mismas en tiempo real y la detección sea más rápida, una vez hecho esto se hace uso de la función *detectMultiScale* para poder llevar a cabo la detección de los peatones a partir de la imagen redimensionada, una vez hecho esto se enmarca los peatones detectados trazando rectas alrededor del peatones, formando un rectángulo proporcional de color verde limón, el cual delimita el área aproximada del peatón detectado, posteriormente mediante la función *non_max_supression* se realizar el proceso de supresión de las múltiples selecciones para un peatón, es decir si el algoritmo detecta a un peatón más de 2 veces, se genera un rectángulo superpuesto, lo cual se ver resuelto haciendo uso de dicha función, posteriormente se dibujan los recuadro finales de la imagen colocando 1 por cada peatón, ya únicamente se indica por terminal el número de peatones encontrados y se muestra la

imagen de salida en la ventana generada, algo como lo que se aprecia en la (Ilustración 29), posteriormente se realizaron una serie de pruebas semejantes a lo observado en dicha ilustración, poniendo a prueba el algoritmo ante diversos entornos de detección, para verificar la fiabilidad y el rendimiento que el programa desarrollado tenia de manera real, donde efectivamente se obtuvieron algunos errores esporádicos al momento de detectar peatones superpuestos o en ambientes demasiado oscuros, pero de ahí en fuera el funcionamiento fue acorde a lo esperado.

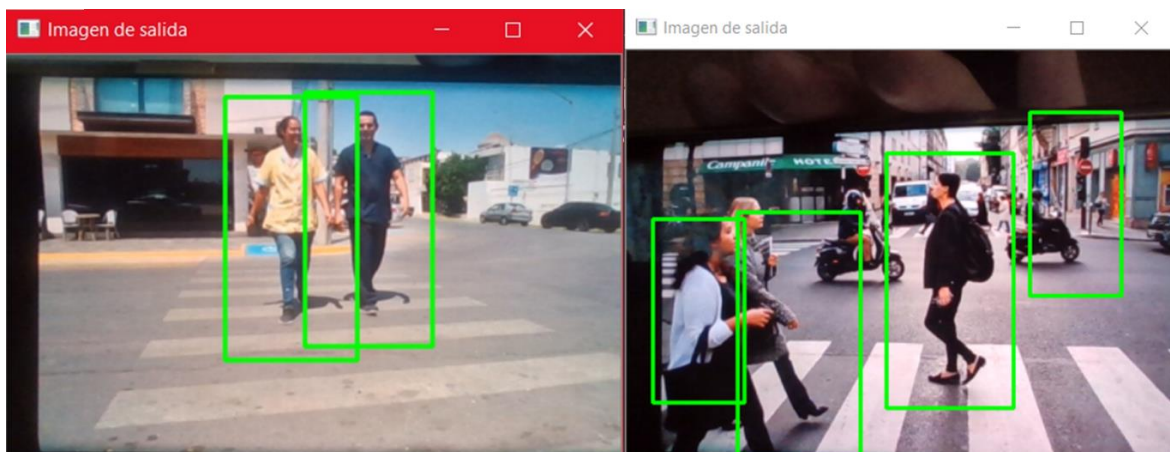


Ilustración 29 Detección de peatones en tiempo real

Estos son algunos de los pasos que se siguieron para poder afinar el algoritmo y poder obtener el resultado esperado.

Posterior a las pruebas finales del funcionamiento en tiempo real del algoritmo y el sistema empleado, se terminaron todas las conexiones electrónicas del sistema (sensores, actuadores y controladores) que integraban el sistema electrónico del puente peatonal, posterior a ellos se verificó continuidad dentro de cableado así como una inspección minuciosa dentro del sistema del puente, donde se tomaron una serie de videos para realizar un estudio de los tiempos de operación, así como la ejecución automática del funcionamiento del mismo a manera de prueba, algo como lo que se puede apreciar en la (Ilustración 30) y finalmente se dio por terminado el proyecto haciendo la entrega del puente de peatones, el algoritmo y el diseño de la pista al asesor empresarial.



Ilustración 30 prueba de funcionamiento del puente peatonal

VI.RESULTADOS

Las principales problemáticas que se presentaron dentro del sistema de detección de peatones por medio del *kinect* se muestran en la (Ilustración 31).

I PUNTOS CLAVE



Ilustración 31 Puntos clave dentro del sistema de deteccion de peatones

Exceso de tiempos: como es de saberse en muchos de los sistemas autónomos se suele hacer presente una deficiencia muy común, esta es el procesamiento de la información, pues suele tardar mucho tiempo en procesarse, lo cual dificulta la ejecución de las más tareas en secuencia que dependen de dicha información, pues en base a dicha información procesada el sistema toma una decisión, lo cual no debe de demorar mucho pues podría causar accidentes.

En cuanto a la reducción de tiempos se obtuvo un resultado bastante considerable, pues como ya se había mencionado sistemas anteriores utilizaban diversos métodos de identificación de peatones, basados en distintas técnicas y aunque algunos eran buenos, tardaban un tiempo bastante prolongado en procesar los datos provenientes de diversos sensores, por lo cual demoraba aún más el poder procesar la información, pues una decisión tomada sobre un sensor tenía que esperar a las demás decisiones para poder ejecutar una acción, por ende se causaba una retención de información en cadena, es por ello que se implementó la integración del sensor *kinect* al proyecto de detección de peatones por medio del mismo, pues como es un sistema ya optimizado que incluye diversos sensores como lo son

- Cámara de vídeo de color *RGB*. Funciona a modo de webcam, capturando las imágenes en vídeo. El sensor *kinect* utiliza esta información para obtener detalles sobre objetos y personas en la habitación.
- Emisor IR. El emisor de infrarrojos es capaz de proyectar una luz infrarroja en una habitación. Según la luz infrarroja incide sobre una superficie, el patrón se distorsiona. Esta distorsión es leída gracias a su otro componente, una cámara de profundidad.
- Cámara de profundidad. Analiza los patrones infrarrojos emitidos por el emisor y es capaz de construir un mapa 3D de la habitación y de todos los objetos y personas que se encuentran dentro de ella.
- Conjunto de micrófonos. El sensor *kinect* tiene incorporado cuatro micrófonos de precisión capaces de determinar de dónde vienen los sonidos y las voces. También es capaz de filtrar el ruido de fondo.
- Motor de inclinación. Este motor tiene la capacidad de ajustar sobre la base, el sensor *kinect*. Es capaz de detectar el tamaño de la persona que está delante, para ajustarse arriba y abajo según convenga.

Todo viene perfectamente ensamblado en una barra horizontal de unos 28 cm, sobre una base cuadrada redondeada donde se apoya, lo cual lo hace fácil de maniobrar, por su compatibilidad en tiempos de respuesta, lo cual ha ayudado a mejorar los tiempos de respuesta considerablemente, pues inicialmente el sistema tardaba en responder en promedio 5.423 milisegundos, lo cual al ir optimizando el algoritmo de detección por medio del muestreo, se logró obtener un tiempo de respuesta bastante óptimo de 2.432 milisegundos, lo cual si se compara con el tiempo anterior se obtuvo un decremento del 55.15 %, lo cual es bastante benéfico para el proyecto en cuanto al funcionamiento del sistema y e rendimiento en cuanto a respuesta y detección tal y como se observa en la (Ilustración 32).

TIEMPO DE RESPUESTA

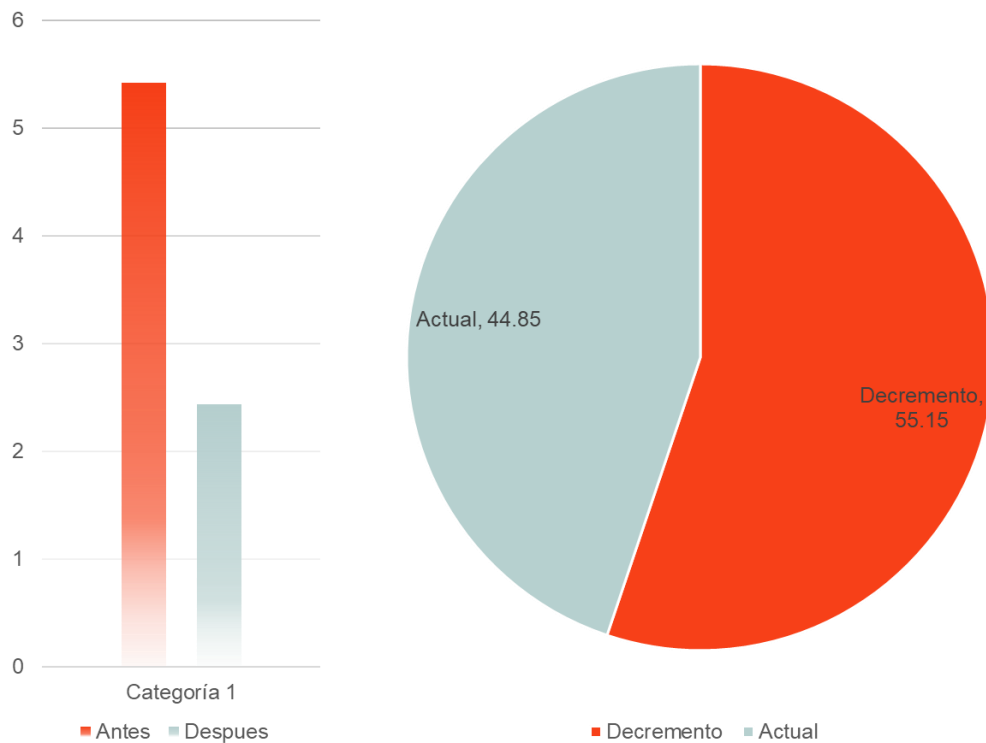


Ilustración 32 Grafico ilustrativo de la mejora en los tiempos de respuesta

Inconsistencia de datos: como ya es de saberse en mucho del *software* elaborado para sistemas de automatización suele haber durante el periodo de prueba y su lanzamiento algunos errores, generalmente se debe a la inconsistencia de datos, hablando de tema de la detección de peatones esta se suele producir desde la recolección de la imagen, pues al recolectar la imagen generalmente suele haber un ambiente apropiado para el post procesamiento de dicha información, pues hay peatones separados, existe un ambiente bien iluminado, no hay obstrucción del dispositivo receptor hacia el peatón, mientras que cuando no es así suele haber sobreposición de peatones, obstrucción del ambiente, ruido en la imagen, neblina, agentes externos que obstruyan el campo de visión, etc, son esos puntos los principales problemas de la inconsistencia de información. Para resolver este problema se logró implementar un sistema de muestreo de imágenes comparativas por aproximación, es decir haciendo uso de los algoritmos *HOG* y *SVM* y un sistema de detección de silueta por aproximación, se logró obtener un algoritmo lo suficientemente optimizado como para poder identificar a 8 peatones a la vez sin obtener inconsistencias entre su detección, lo cual al presentarse alguna obstrucción hace que el coche se detenga

y solo pueda avanzar hasta que este se retire o el sistema de detección de peatones detecte que ya no hay ninguno en el trayecto del auto, mejorando así la eficiencia en cuanto a rendimiento y la velocidad de respuesta, donde anteriormente solo se podría manejar 6 peatones a la vez en una escena sin obtener inconsistencias, ahora se pueden tener hasta 8 personas a la vez sin afectar su fiabilidad, generando una mejora del 25% frente a otros sistemas, tal y como se puede apreciar en el grafico presente en la (Ilustración 33).

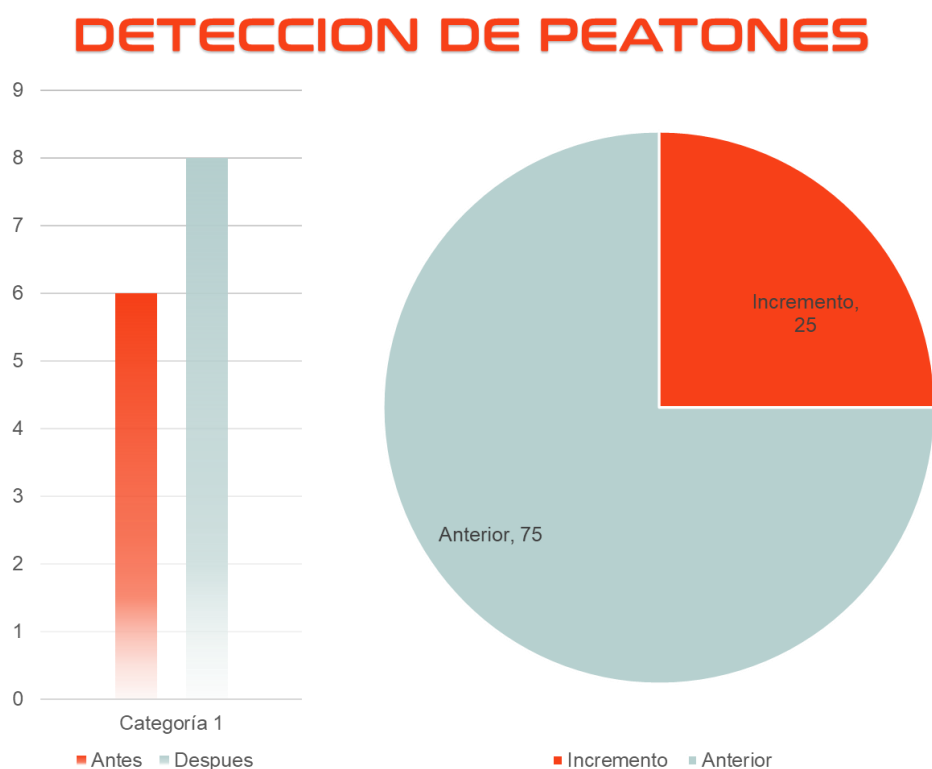


Ilustración 33 Mejora en la deteccion de peatones

No existe un sistema de detección: en el proyecto actual del coche autónomo, no existía un sistema para la detección de peatones, lo que representaba una gran desventaja frente a otros coches dentro de la competencia de concurso *AutoModelCar*, a pesar de no ser un impedimento para el funcionamiento del coche si presenta una gran necesidad para el sistema, pues el único sistema de alerta que se tendría para poder detectar obstrucciones y peatones dentro del entorno en el que se encuentre el coche, de no ser así podría causar diversos choques, accidentes y daños hacia el mismo coche.

La principal iniciativa que se presentó para dar solución a esta necesidad fue incluir un sistema capaz de poder realizar la detección de objetos, en este caso peatones sin perder

arriesgar velocidad de respuesta ni tampoco la fiabilidad, se pensó en un equipo que se tuviera a la mano y que fuera de fácil adquisición, para lo cual se seleccionó el señor *kinect* del *Xbox 360*, que a pesar de ser un equipo de uso para videojuego y no para investigación, posee varios sensores y sistemas de gran utilidad para el propósito del coche, para lo cual se planteó realizar la programación en *python* por su fácil manejo y compatibilidad con otros idiomas en cuanto a ejecución, mejorando así el sistema de trabajo del coche.

Gasto de recursos innecesario: actualmente los sistemas de detección de peatones suelen ser algo costosos, pero con muy poca inversión en sus dispositivos, pues suelen emplear cámaras de muy poca resolución, pero el problema aquí no es ese si no el precio que estos conllevan, el cual es exageradamente elevado para su infraestructura, por lo cual representa un problema para la introducción de esta tecnología en los coches autónomos.

Para dar solución al presente problema se buscó la manera de implementar un sistema calidad precio dentro del coche autónomo, que no solo funcionara, sino que lo hiciera y al mejor precio posible, se empezó una búsqueda minuciosa de métodos y técnicas fundamentales para la detección de peatones más eficientes que hay, en base a ello se buscó la manera de poderlas implementar haciendo uso de sensores y métodos de entrada de calidad, pero que no sobrepasaran los límites de un buen producto según su precio, donde al final se llegó a la conclusión que un sistema de *Xbox* el *kinect* específicamente su versión V1 360, tenía todos los componentes necesarios (Ilustración 34) para dicha tarea y con un costo muy bajo a consideración de otros componentes electrónicos, por lo cual se optó por incluir dicha tecnología dentro del sistema.

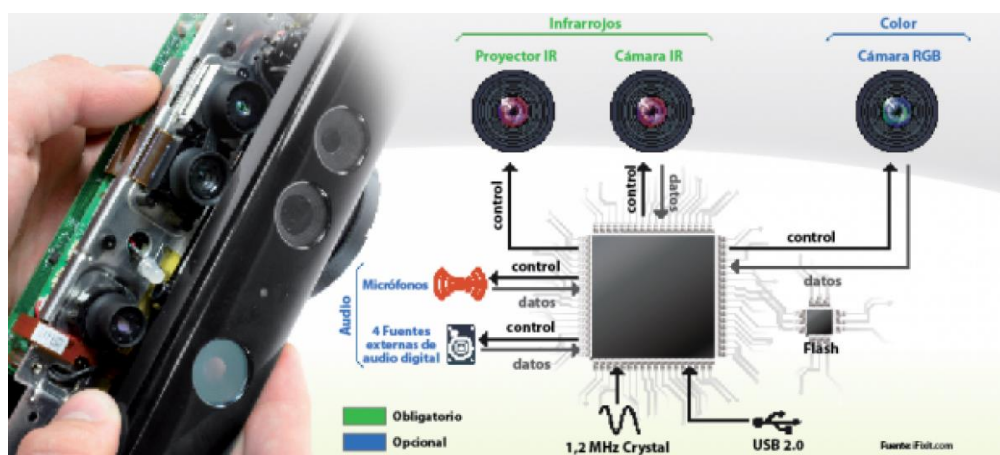


Ilustración 34 Componentes y conexiones dentro del *kinect* v1[5]

Deficiencia en el reconocimiento: muchos de los sistemas de visión artificial suelen tener problemas con los métodos de identificación, generalmente producidos por la obstrucción en el campo de visión de elemento de entrada o por la superposición de algunos objetos sobre otros debido a la perspectiva y el ángulo del que se encuentra el sistema de visión, causando conflicto para poder llevar a cabo el análisis que permite identificar de manera precisa el objeto y en base a ello tomar una acción dentro de sistema, lo cual suele ocasionar problemas en cadena debido a ello, pues algunos otros sistemas dependen de este para poder avanzar en cuanto a acciones tomadas por el coche de manera rápida y eficaz, reduciendo el rendimiento y la confiabilidad, ocasionando que los usuarios y empleadores de este tipo de método de detección los cataloguen como poco eficientes y muy difíciles de optimizar.

Por otra parte con la realización del presente proyecto se pudieron cumplir la mayoría de los objetivos propuesto, algunos de ellos como la culminación del diseño de la pista AutoModelCar (Ilustración 20) así como su impresión en lona, además de que se logró la implementación de un puente peatonal (Ilustración 30) para el movimiento de los obstáculos de un lugar a otro con el objetivo de que en un futuro este sistema se implementara para probar la efectividad del coche autónomo Mini v.4 ante una situación real con peatones, esto podría ser de mucha ayuda. El puente en si presenta una estructura firme, por lo que, a futuro se podrían agregar más elementos a este, también es importante mencionar que se comprobó el funcionamiento en repetidas ocasiones y no se tuvo algún inconveniente, el hecho de usar herramientas de diseño, no solo de 3D sino de simulación de sistemas electrónicos, facilitó en enorme manera la realización del puente de obstáculos, sin duda alguna aunque no formaron parte de los objetivos principales, se obtuvieron buenos resultados de ambas partes tanto con la pista impresa en lona como del puente peatonal, que serán de gran ayuda en la series de pruebas futuras para el coche autónomo y que sin duda alguna pueden ser mejorados a voluntad del usuario. En el presente proyecto se le dio solución a este problema por medio de la implementación de un algoritmo que integra el reconocimiento de peatones no solo por un sistema de visión, haciendo uso de la Cámara *RGB*, que permiten detectar objetos y que el coche se detenga evitando posibles daños, lo cual se podría considerar como la implementación de un sistema fiable, que no solo permite reducir el riesgo sino que además ayuda a tener un resultado más preciso y rápido, pues permite realizar una serie de comparaciones en tiempo real y de manera simultánea en espacios complejos (Ilustración 29), lo que ayuda a tener métodos de identificación más completos y por ende sea más seguro, este es sin duda una de los resultados más notorios dentro del proyecto.

VII. CONCLUSIONES

En torno al proyecto cabe mencionar que se cumplió con el objetivo esperado, hubo algunas pequeñas desviaciones en el camino, algunas de ellas como la comunicación a distancia, la escases de artículos electrónicos por la pandemia, no se contaba con un espacio lo suficientemente grande como para trabajar, son solo algunos de los inconvenientes por los cuales se pasó durante el desarrollo del presente proyecto, pero que al final se lograron superar, se logró establecer un buen trabajo en equipo dividiendo las tareas y actividades a realizar, se habló con uno o más proveedores de artículos electrónicos y se consiguió un buen espacio para trabajar, lo que ayudo bastante a solucionar estos problemas, lo cual fue un verdadero reto por esta parte, ya que el diseño que se elaboró sobre la pista era demasiado grande no cabía en cualquier lugar, así como también se tuvo que pensar en un diseño sencillo, eficiente y que no requiriese mucha inversión, de lo contrario no se podría haber elaborado y por ende no se hubiese cumplido uno de los objetivos del presente proyecto, aun así el proyecto fue llevado a cabo y se obtuvieron muy buenos resultados, más de lo que se habría esperado, algunos de estos fueron:

- Lo tiempos de respuesta por parte del sistema de detección de peatones disminuyeron considerablemente.
- Las personas a cargo de desarrollar el funcionamiento del coche autónomo dieron el visto bueno para integrar el algoritmo desarrollado, dentro del coche.
- El sistema de detección de peatones por medio del sensor *kinect* permite la optimización de tiempos de respuesta en el manejo de los datos (digitalización de datos, análisis de datos, generación de una respuesta y ejecución de la respuesta).
- Se logro eliminar en gran medida la inconsistencia de datos gracias a la integración de nuevas técnicas para la detección de peatones.
- El uso de sistemas y *hardware* innecesario se optimizo, pues el tiempo que se destinaba para el manejo de información por parte de estos medios, fue implementado en otras actividades benéficas para la operación del coche autónomo, así como también se generaron ganancias en cuanto a rendimiento al eliminar los tiempos de trabajo innecesarios.
- Se logro integrar un sistema digital de gran ayuda y beneficio para el sistema del coche autónomo, ya que el nivel de accidentes o percances en los coches

autónomos por falta de un buen sistema de detección es demasiado alto, lo cual era un punto débil en dicho coche, problema que se vio resuelto.

- Se obtuvo un diseño 2D específico para el circuito de pruebas de operación para el concurso *AutoModelCar*, en el cual se integraron cada una de las normativas y medidas especificadas dentro del reglamento proporcionado, así como su fabricación.
- Se realizó la construcción de un sistema de peatones incorporado al diseño de la pista *AutoModelCar*, el cual se automatizó y probó de manera satisfactoria acorde a lo solicitado.

Algunos de los beneficios adicionales que se obtuvieron y que no se tenían previstos en el desarrollo de proyecto y que hablan de los buenos resultados que se obtuvieron son los siguientes (Ilustración 35):

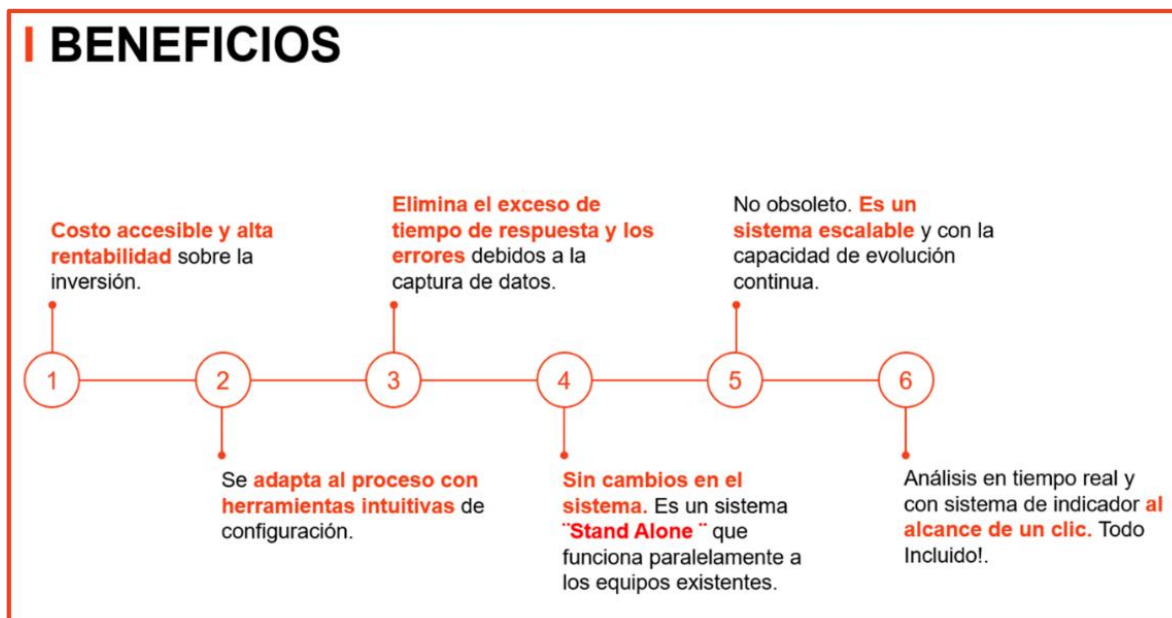


Ilustración 35 beneficios adicionales

En conclusión hoy en día, cada empresa u organización que este en el sector de la manufactura de cualquier tipo de producto, se enfrenta a problema sistemáticos, de alto, mediano o bajo grado de complejidad en los procesos de producción, para ello existen miles y miles de herramientas para contrarrestar tanto a los problemas de su manufactura como al problema que el producto solventa, entre ellas está el sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect*, que aunque parezca algo sencillo, es un sistema

que en el fondo tiene gran beneficio, que como se pudo observar en los resultados obtenidos, este puede llegar a ser muy efectivo si se sabe aplicar y se lleva a cabo como tal, pues este sistema ayuda a construir una mayor fiabilidad y rendimiento en proceso de operación del coche autónomo, en el cual hay varios puntos críticos, siendo así una herramienta necesaria para cualquier sistema de un coche autónomo, ya que este aumenta la calidad del coche y lo posiciona sobre otros sistemas que no lo incluyen en la industria.

Adicional a lo antes mencionado, la contribución al mejoramiento del coche autónomo por medio de la estandarización de operaciones y la compatibilidad entre sistemas, la herramienta del sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* trajo como beneficio la reducción en tiempos, aproximándose a la eliminación de tiempos muertos, debido a que se basa en la utilización de diversos sistemas (sistema mixto) para la detección de peatones y existe un sistema de comunicación o compatibilidad 100% completo, este permite solicitar información y obtener una respuesta casi inmediata con retardo de milisegundos, lo que ayuda a disminuir el tiempo en el cual el sistema de detección se encuentra detenido porque otros sistemas aun no regresan la información, por otra parte el sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* permite aumentar la seguridad en el sistema de operación del coche autónomo debido a su sistema de detección mixto, pues el integrar más de un sensor para esto es una afirmación para la respuesta obtenida por el sistema. Dicho esto, esta herramienta puede potenciar el crecimiento del sistema de operación de los coches autónomos, pues en comparación con otros sistemas de detección, si se le da seguimiento a este sistema de detección mixto podría llegar a aumentar el interés del comprador por la seguridad que representa, no solo para este sistema de coche autónomo, si no que en todo el sector de la manufactura y la automatización que integre alguno de estos sistemas (detección, sensores y sistemas autónomos) se puede generar una ventaja competitiva como se demostró en este proyecto del sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor *kinect* que a pesar de sus complejidad y beneficios requiere una baja inversión frente a otros sistemas que integran tecnología semejante.

Debido a que la inversión necesaria para poder llevar a cabo la implementación de este sistema con respecto a otros es baja, brindando una comunicación efectiva, una fiabilidad y funcionamiento óptimo, brinda un sistema cerrado completamente funcional para equipos autónomos, logrando así minimizar los tiempos muertos, que hace más atractivo su

implementación en algún otro sistema, tal fue el caso del coche autónomo para el *AutoModelCar*. Sin embargo, el reto a futuro de este sistema se centra en una fácil adaptabilidad a los nuevos sistemas de trabajo, integrando mayor cantidad de información de suma importancia en la detección visual, reuniendo así información de interés para tomar las decisiones más eficientes, así mostrando simplemente la información necesaria, logrando de esta manera los tiempos para tomar una acción dentro del coche autónomo.

Esto se implementó al momento de realizar el proyecto, con ello se pudo comprender un poco más sobre la construcción y procesamiento de datos enfocado al Procesamiento Digital de Imágenes y como este puede ayudarnos a ser capaces de integrar nuevos elementos para mejorar la obtención y tratamiento de la información, por medio de la extracción de muestras en puntos estratégicos de las imágenes según sea el objetivo, que en verdad son muy importantes, ya que como se mencionó este es un claro ejemplo de evolución en cuanto a innovaciones presentes en las herramientas de trabajo actuales encaminadas al estudio específico de áreas como la manipulación de imágenes, ya que actualmente se están creando nuevos métodos, técnicas y herramientas encaminadas al estudio científico, por lo cual hay que poder tener el conocimiento base de cómo operan y como se pueden llegar a manipular para el proceso de obtención de datos de imágenes provenientes del mundo real, por otra parte logramos establecer conexión entre medios matemáticos y de programación que describen el comportamiento de escenas físicas y así poder aplicarlos a estudios presentes en el mundo de la investigación, se llegó a la conclusión de que recurrimos al uso de herramientas porque facilitan nuestro trabajo y ayudan a mejorar características de cualquier proceso como la calidad del resultado, efectividad y rapidez del procesamiento, y que estas herramientas se siguen modificando para hacerlas cada vez más eficientes en lo que realizan, como el planteamiento de las instrucciones en el entorno de *python*, es por ello que el aprender a utilizar y conocer muy bien los conceptos teóricos básicos es de gran utilidad para el desarrollo de scripts.[10]

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Negrete, A. Morales, H. Sossa, M. Castelán, and M. Morales Aguirre, "Torneo Mexicano de Robótica ® 2019 Categoría: AutoModelCar Reglamento," 2019.
- [2] aula21, "Visión Artificial: todo lo que necesitas saber," 2020. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-vision-artificial/> (accessed Apr. 24, 2021).
- [3] Cognex, "Qué es la visión artificial," 2021. <https://www.cognex.com/es-mx/what-is/machine-vision/what-is-machine-vision> (accessed Apr. 16, 2021).
- [4] J. PENALVA, "Kinect para Xbox 360, para mucho más," 2010. <https://www.xataka.com/videojuegos/kinect-para-xbox-360-jugar-sin-mando> (accessed Apr. 24, 2021).
- [5] L. del V. Hernández, "Sensor Kinect, inteligencia artificial al alcance de todos." <https://programarfacil.com/podcast/86-sensor-kinect-inteligencia-artificial/> (accessed Apr. 16, 2021).
- [6] HARTEK, "Python Scripting (II) – Metadatos EXIF y XMP en imágenes – Follow The White Rabbit," 2016. <https://fwhibbit.es/python-scripting-ii-metadatos-exif-y-xmp-en-imagenes> (accessed Apr. 24, 2021).
- [7] J. Pomeyrol and J. Pomeyrol, "Ubuntu 18.10 renueva su apariencia y se aleja un poco más de los 32-bit," *Muy Linux*, 2018, Accessed: Apr. 16, 2021. [Online]. Available: <https://www.muylinux.com/2018/10/18/ubuntu-18-10/>.
- [8] MCI Ltda, "¿Qué es Arduino? | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea." <https://arduino.cl/que-es-arduino/> (accessed Apr. 16, 2021).
- [9] SolidWorks, "SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve," 2021. <https://solid-bi.es/solidworks/> (accessed Apr. 16, 2021).
- [10] I. B. Arrivillaga, "Proteus - Laboratorio de Electrónica." <http://labelectronica.weebly.com/proteus.html> (accessed Apr. 29, 2021).
- [11] C. V. Alcántara-Montiel, J. Carlos Pedraza-Ortega, J. M. Ramos-Arreguín, E. Gorrostieta-Hurtado, S. Tovar-Arriaga, and E. Vargas-Soto, "Detección efectiva de rostros en imágenes utilizando descriptores basados en HOG."

Fragmento Algoritmo Version Prueba: sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor kinect

```
#Bibliotecas
1 import numpy as np
2 import imutils
3 import cv2
4 from imutils.object_detection import non_max_suppression
5 from matplotlib import pyplot as plt
6
7 # se inicializa descriptor HOG y SVM
8 hog = cv2.HOGDescriptor()
9 hog.setSVMDetector(cv2.HOGDescriptor_getDefaultPeopleDetector())
10
11 imagen=cv2.imread('im3.jpg',1)
12
13 #deteccion peatones
14 (rectas, weights) = hog.detectMultiScale(imagen, winStride= (4,4),
15 padding=(8,8), scale = 1.05)
16 #enmarcar peatones detectados
17 rectas = np.array([[x,y,x+w,y+h] for (x,y,w,h) in rectas])
18 #Suprimir varias elecciones
19 eleccion = non_max_suppression(rectas, probs = None, overlapThresh
20 = 0.65)
21 #Cuadros en la imagen.
22 for (xA, yA, xB, yB) in eleccion:
23     cv2.rectangle(imagen, (xA, yA), (xB, yB), (0,255,0), 2)
24     #Presentamos la imagen
25
26 plt.figure()
27 plt.imshow( imagen[:, :, :-1], cmap='gray')
28 plt.axis('off')
    plt.show()
```

Programa 1 Versión de prueba

Fragmento Algoritmo Version Final: sistema visual para la detección de peatones por medio del sensor kinect

```
#importar las bibliotecas necesarias
import numpy as np
1 import imutils
2 import cv2
3 from imutils.object_detection import non_max_suppression
4 import matplotlib.pyplot as plt
5
6 # se inicializa descriptor HOG y SVM
7 hog = cv2.HOGDescriptor()
8 hog.setSVMDetector(cv2.HOGDescriptor_getDefaultPeopleDetector())
9
10 #inicializamos la captura de imagenes desde webcam
11 cap = cv2.VideoCapture(2)
12
13 #ciclo para que siempre este leyendo
14 while True:
15     #captura de images
16     ret, imagen = cap.read()
17
18     imagen = imutils.resize(imagen, width = 400)
19     #detectar peatones en la imagen
20     (rectas, weights) = hog.detectMultiScale(imagen, winStride=
21 (4,4), padding =(8,8), scale = 1.05)
22     #enmarcar peatones detectados
23     rectas = np.array([[x,y,x+w,y+h] for (x,y,w,h) in rectas])
24     #suprimir multiples selecciones para un peaton
25     eleccion = non_max_suppression(rectas, probs = None,
26 overlapThresh = 0.65)
27     #dibujar cuadros finales en imagen
28     for (xA, yA, xB, yB) in eleccion:
29         cv2.rectangle(imagen, (xA, yA), (xB, yB), (0,255,0),
30 2)
31     #mostrar numero de peatones encontrados
32     if (len(eleccion)):
33         print("{} peatones
34 encontrados".format(len(eleccion)))
35
36     cv2.imshow("Imagen de salida", imagen)
37     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
38         break
```

Programa 2 Algoritmo versión final

Tabla de cotizaciones

Material	Precio	Unidades	Subtotal
arduino	\$ 124.00	1	\$ 124.00
Puente h	\$ 18.50	2	\$ 37.00
Cable proto cal 22/metro	\$ 8.00	5	\$ 40.00
Potenciómetro	\$ 14.50	2	\$ 29.00
Madera tratada de 2.3 x 13.8 x 245.5 cm	\$ 185.00	1	\$ 185.00
Fuente de poder	\$ 285.00	1	\$ 285.00
Motorreductor	\$ 171.00	1	\$ 171.00
Impresiones x min(engranés, uniones,etc)	\$ 0.80		\$ -
Total=			\$ 871.00

MÉTODO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lona Impresa	\$150 pesos por 1m ²	\$2,700.00	<ul style="list-style-type: none"> -Durabilidad pues la impresión puede durar años -Mayor precisión en el circuito. -Ahorro de tiempo. 	-Precio
Pintura Vinílica	\$176 pesos por 1L cubre 5m ²	\$704.00	<ul style="list-style-type: none"> -Opción más barata. -Fácil de utilizar. -Fácil de conseguir 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere de tiempo y espacio para realizar. -Con el uso continuo hay gran posibilidad de que la pintura se desprenda
Pintura en Aerosol	\$70 pesos aproximadamente cubre 1m ²	\$1,260.00	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil de conseguir -Fácil de aplicar - Secado rápido 	<ul style="list-style-type: none"> -Precio. - Requiere de tiempo y espacio para la aplicación. -Con el uso continuo hay gran posibilidad de que la pintura se desprenda

Tabla 1 Precios del material cotizado

Fragmento Algoritmo: Sistema operación puente peatonal (ARDUINO IDE)

```
1  int led=13; //Pin for the led
2  int boton=12; //Pin for the button
3  int izquierda=11;
4  int derecha=10;
5  int fin_1=9;
6  int fin_2=8;
7  //Initial values for the variables
8  int val_bot=0;
9  int val_f1=0;
10 int val_f2=0;
11
12 void setup() {
13     //Outputs
14     pinMode(led, OUTPUT);
15     pinMode(izquierda, OUTPUT);
16     pinMode(derecha, OUTPUT);
17     //inputs
18     pinMode(boton, INPUT);
19     pinMode(fin_1, INPUT);
20     pinMode(fin_2, INPUT);
21 }
22 void loop() {
23     //Reading the state of the inputs
24     val_bot=digitalRead(boton);
25     val_f1=digitalRead(fin_1);
26     val_f2=digitalRead(fin_2);
27
28     //conditional
29     if(val_bot==HIGH&&val_f1==LOW&&val_f2==LOW){
30         digitalWrite(led, LOW);
31         digitalWrite(izquierda, HIGH);
32         digitalWrite(derecha, LOW);
33     }
34     else if (val_bot==LOW&&val_f1==HIGH){
35         digitalWrite(led, HIGH);
36         digitalWrite(izquierda, HIGH);
37         digitalWrite(derecha, LOW);
38     }
39     else if (val_bot==LOW&&val_f2==HIGH){
40         digitalWrite(led, HIGH);
41         digitalWrite(izquierda, LOW);
42         digitalWrite(derecha, HIGH);
43     }
```

```
else if (val_bot==HIGH&&val_f1==HIGH) {  
    digitalWrite(led, LOW);  
    digitalWrite(izquierda, LOW);  
    digitalWrite(derecha, LOW);  
}  
else if (val_bot==HIGH&&val_f2==HIGH) {  
    digitalWrite(led, LOW);  
    digitalWrite(izquierda, LOW);  
    digitalWrite(derecha, LOW);  
}  
else {  
    digitalWrite(led, LOW);  
    delay(200);  
    digitalWrite(led, HIGH);  
    delay(200);  
}  
delay(100);  
}
```


IX.ANEXOS

Desglose de actividades

Integrantes del equipo:

- Jesús Alberto Delgado Camacho
- Hiram Eduardo de León Becerra

Actividades realizadas por **Jesús Alberto Delgado Camacho**

- Cotización de los proveedores para la impresión de la pista
- Programación del Arduino Uno
- Simulación en isis proteus
- Diseño de los obstáculos (peatones)
- Diseño de mecanismo de conexión Peatones-Puente 3D

Actividades realizadas por **Hiram Eduardo de León Becerra**

- Cotización de materiales para el puente
- Cableado principal del puente peatonal (Finales de carrera, arduino uno y puente H)
- Llevo a cabo el proceso de impresión 3D de los modelos elaborados
- Diseño 3D de engranajes, carcasas y sujetadores.
- Medición y pintado de la estructura del puente peatonal

Actividades realizadas por **ambos integrantes del Equipo**

- investigación y familiarización con el proyecto asignado (AutoModelCar)
- Selección del sistema operativo a implementar, así como el lenguaje a utilizar.
- Obtención de los materiales en conjunto con el asesor empresarial
- Diseños de la pista para la competencia AutoModelCar
- Construcción de la estructura del puente
- Investigación de los métodos de conexión computador – kinect
- Diseño del algoritmo en su versión inicial y final
- Pruebas de rendimiento y efectividad de los sistemas elaborados.
- Se realizaron las conexiones mecánicas del puente peatonal.
- Verificación de cableado de puente peatonal.

BITACORAS SEMANALES

22-26 de Marzo de 2021

ACTIVIDADES REALIZADAS:

Se realizo el proceso de busqueda y familiarizacion con el proyecto asignado (AutoModelCar)
Se asignaron los roles de trabajo de cada integrante en el equipo de trabajo conforme a sus aptitudes
Una vez asignados los roles se procedio con la familiarizacion del area y el aspecto a trabajar sobre el proyecto AutoModelCar
Búsqueda de información referente a la instalación de software necesarios (Visual Studio Code,Python y Arduino IDE)
Comparación de sistemas operativos más aptos para lo que se requiere (Windows y Ubuntu)
Se determinó que el sistema más apto para este caso es Windows
Se instalaron las librerías necesarias para el desarrollo del Código dentro de Python
Se empezó a elaborar un plan para la construcción de un algoritmo capaz de identificar peatones en tiempo real por medio de Python
Se llevo a cabo la elaboracion de un diagrama de construccion para la pista AutoModelCar
Se realizo el proceso de busqueda sobre el reconocimiento de objetos por medio de Vision Artificial
Familiarización de los componentes a emplear en el desarrollo (Kinect y OpenCV)

ACTIVIDADES PENDIENTES:

Definicion de un modelo optimo para la construccion de la pista para AutoModelCar
Planeacion del proceso y actividades a realizar conforme al rol Asignado a cada integrante del equipo
Establecer el material necesario para la construccion del modelo seleccionado, entorno al diseño de la Pista antes mencionada
Selección de componentes e integracion de posibles librerías para el desarrollo de reconocimiento por Vision Artificial (OpenCV)
Elaboracion de la solicitud para el material necesario para el desarrollo del Proyecto
Realizar el proceso de cotizacion de los componentes necesarios

FIRMA DEL ASESOR EMPRESARIAL

FIRMA DEL ALUMNO



BITACORA DE LA ESTANCIA

29-2 de Abril de 2021.

ACTIVIDADES REALIZADAS:

- Se realizo la definición de un modelo optimo para la construcción de la pista para AutoModelCar
- Se completo la planeación del proceso y actividades a realizar conforme al rol Asignado a cada integrante del equipo
- Se logro establecer el material necesario para la construcción del modelo seleccionado, entorno al diseño de la Pista antes mencionada
- Se procedió con el proceso de selección de componentes e integración de posibles librerías para el desarrollo de reconocimiento por Vision Artificial (OpenCV)
- Se elaboro la solicitud para el material necesario para el desarrollo del Proyecto en base a la cotización previamente realizada
- En base al modelo acordado se procedio a realizar la impresión de la pista para AutomodelCar
- Se realizo el diseño de la estructura previa para el puente que integrara la pista AutomodelCar
- Una vez con el diseño del puente, se comparo los diversos materiales que podrian formar parte de dicha estructura conforme a las necesidades del proyecto
- Una vez definido esto se empezo con el proceso de construccion del puente AutomodelCar
- Se realizo un proceso de investigacion de la informacion necesaria para el proceso de desarrollo de los algoritmos que aran funcionar el sistema de Vision Artificial
- Se llevo a cabo el proceso de impresión en 3D en PLA de los peatones previamente diseñados

ACTIVIDADES PENDIENTES:

- Obtener un algoritmo capaz de realizar el reconocimiento de peatones en tiempo real acorde a lo investigado
- Desarrollar el diseño de un mecanismo que se capaz de transportar a los peatones de un lado a otro mediante la estructura elaborada
- Realizar un acoplamiento para los peatones, con referencia al mecanismo a integrar y facilitar a si su desplazamiento
- Plantear posibles esquemas electornicos que puedan realiar el proceso de operación de dicho mecanismo de manera autonoma
- Realizar pruebas de conexión entre dicho sistema y el equipo a utiliza en la pista, esto conforme a las medidas y los parametros de velocidad


FIRMA DEL ASESOR EMPRESARIAL


FIRMA DEL ALUMNO



BITACORA DE LA ESTANCIA

5-9 Abril de 2021.

ACTIVIDADES REALIZADAS:

- Se logro obtener un algoritmo previo capaz de realizar el reconocimiento de peatones en tiempo real acorde a lo investigado
- Se implemento un mecanismo capaz de transportar a los peatones de un lado a otro mediante la estructura elaborada
- Se fabrico un acoplamiento para los peatones, con referencia al mecanismo para así facilitar su desplazamiento
- Se realizo la integración de los esquemas electrónicos para el proceso de operación de dicho mecanismo de manera autónoma
- Se realizo una serie pruebas de conexión entre dicho sistema y el equipo a utiliza en la pista, esto conforme a las medidas y los parámetros de velocidad
- Se procedió con la colocación de los ejes de rotación utilizados para el movimiento de los peatones
- Una vez colocados los ejes de rotación y el motor se procedió a realizar el cableado electrónico de estos
- Se realizo el diseño y colocación de lo finales de carrera para el puente, con el fin de optimizar la manera de desplazamiento del peatón.
- Se incorporo un sistema de señalamiento para la operación de dicho mecanismo, un led indicador para el funcionamiento activo/inactivo
- Se integro un switch, para realizar la función (ENABLE / DISABLE) del sistema de automatización
- Se empezó un planteamiento de posibles mejoras para el algoritmo de reconocimiento, con el fin de obtener un resultado mas fiable.
- Se fabricaron una serie de acoplamientos para la colocación de diversos sitemas electrónicos y actuadores (carcasas,soportes,ejes, acoplamientos,etc.)

ACTIVIDADES PENDIENTES:

- Llevar a cabo la versión final del algoritmo de reconocimiento de peatones, para una resultado mejor
- Realizar pruebas de funcionamiento en tiempo real del algoritmo y el sistema empleado
- Terminar todas las conexiones eléctricas del sistema (sensores, actuadores y controladores)
- Realizar pruebas de continuidad dentro del cableado, así como una inspección minuciosa dentro del sistema elaborado
- Realizar una serie de pruebas de rendimiento y funcionamiento entorno a la automatización y operación del sistema


FIRMA DEL ASESOR EMPRESARIAL


FIRMA DEL ALUMNO



BITACORA DE LA ESTANCIA

12-16 Abril 2021.

ACTIVIDADES REALIZADAS:

Se logro llevar a cabo la versión final del algoritmo de reconocimiento de peatones, para un resultado mas optimo.
Realizamos las pruebas finales del funcionamiento en tiempo real del algoritmo y el sistema empleado
Se terminaron todas las conexiones electrónicas del sistema (sensores, actuadores y controladores).
Se verifico la continuidad dentro del cableado, asi como una inspeccion minuciosa dentro del sistema del puente
Se integro una serie de muestreos al banco de identificacion del algoritmo de reconocimiento
Se tomo una serie de videos para realizar un estudio de los tiempos de operación
Se realizo la entrega del puente en conjunto con los peatones al Dr.Hector

ACTIVIDADES PENDIENTES:

FIRMA DEL ASESOR EMPRESARIAL

FIRMA DEL ALUMNO