

El siguiente documento es un avance del Proyecto, el mismo estará sujeto a modificaciones significativas hasta la fecha final de entrega estipulada para el 19/12/23

Universidad ORT Uruguay

Facultad de Ingeniería

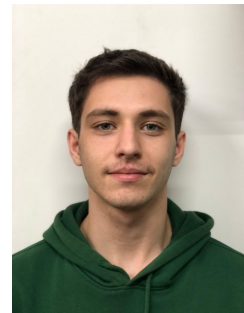
Obligatorio 2 - Entrega Final

Proyecto Integrador 2

OPTISHOP

“Optimización de supermercados y experiencia del cliente”

Nicolás Ciappesoni (265309) - Lucas Martínez (267254) - Juan Francisco Pirez (269941)
Estudiantes de Ingeniería en Electrónica



Profesores:

Emiliano Espíndola
Andrés Ferragut
Juan Pedro Silva

4 de Diciembre de 2023

Introducción:

En la actualidad, la experiencia de compra en supermercados puede ser ineficiente y, en ocasiones, frustrante para los usuarios. Los problemas comunes incluyen la falta de información que poseen las administraciones sobre la congestión en diferentes secciones del supermercado debido a una mala distribución de los productos, la pérdida de oportunidades de ahorro debido a la falta de conocimiento sobre promociones específicas, y la espera prolongada en los mostradores de servicio sin una forma eficiente de gestionar turnos.

Este proyecto se centra en el desarrollo de un carrito inteligente para supermercados que aborde estos problemas de manera integral, a través de la implementación de tecnologías como sensores de geolocalización y un sistema de pantalla integrada diseñado para mejorar la experiencia de compra.

Este innovador carrito incorpora diversas funciones destinadas a facilitar la navegación de los usuarios por el establecimiento, proporcionar información relevante sobre las promociones y agilizar el proceso de servicio en los mostradores evitando así la formación de filas que obstaculizan la libre circulación y reduciendo las esperas prolongadas.

Descripción

Las características Principales de nuestro proyecto se basan en tres grandes funcionalidades:

Generación de Mapa de Calor:

El carrito inteligente, dotado de sensores y tecnología de geolocalización mediante un Inertial Measurement Unit (IMU), permite realizar un seguimiento en tiempo real de la ubicación de los usuarios. Utilizando señales de tokens de wifi distribuidos estratégicamente como checkpoints en el supermercado, se determina con precisión la posición del carrito en el establecimiento.

A partir de esta información recopilada, se genera un mapa de calor interno que identifica las áreas más concurridas del supermercado. No obstante, es importante destacar que estos mapas de calor no se exhiben a los usuarios; en su lugar, se utilizan internamente para la administración del establecimiento. De esta manera, la gestión del flujo de clientes y la planificación eficiente de recursos se optimizan, permitiendo al personal del supermercado conocer las zonas más congestionadas y tomar decisiones informadas para mejorar la distribución de productos o servicios.

Display de Promociones:

El carrito cuenta con un display integrado que muestra promociones y ofertas según la ubicación del usuario en el supermercado. De esta manera, se ofrece información relevante y oportunidades de ahorro mientras los usuarios exploran diferentes secciones del establecimiento.

Esta característica no solo mejora la experiencia de compra, sino que también crea un ambiente más atractivo para los usuarios al ofrecerles incentivos únicos y adaptados a su ubicación actual. En definitiva, esta funcionalidad no solo brinda un valor añadido a los consumidores, sino que también representa una estrategia efectiva para aumentar la participación y la satisfacción del cliente en el proceso de compra.

Sistema de Turnos Remotos:

Con la finalidad de maximizar la eficiencia y ahorrar tiempo a los usuarios, el carrito inteligente implementa una función innovadora que permite la gestión remota de turnos para acceder a los mostradores de servicio en el supermercado. Este sistema agiliza significativamente el proceso, mejorando la experiencia global de compra.

Desde la comodidad del carrito, los usuarios tienen la capacidad de solicitar su turno para los mostradores de servicio. Una vez realizado, el número asignado se muestra de manera clara y visible en la pantalla integrada en el carrito, brindando a los usuarios información instantánea sobre su posición en la fila.

Para mejorar aún más la experiencia, cuando el turno del usuario se acerca, una bocina integrada en el carrito emite una señal auditiva distintiva, sirviendo como un recordatorio amigable para que el usuario se dirija hacia la zona correspondiente. Este sistema no solo optimiza el tiempo de espera, sino que también ofrece una mayor flexibilidad a los usuarios al permitirles realizar otras actividades mientras esperan, en lugar de permanecer en una fila estática.

Esta función de gestión remota de turnos no sólo aporta comodidad a los usuarios, sino que también contribuye a la eficiencia general del establecimiento, asegurando que los servicios se brinden de manera más fluida y organizada. En última instancia, esta innovación refleja nuestro compromiso de mejorar cada aspecto de la experiencia de compra en el supermercado mediante la implementación de tecnologías que hacen que el proceso sea más eficiente y agradable para todos.

Descripción técnica de la solución:

El sistema comprende una placa ESP8266 ubicada en el carrito, la cual se conecta a Internet para la transmisión y recepción de datos. Esta placa está equipada con un módulo inercial (IMU) que proporciona datos de aceleración en tiempo real. La integración de estos datos se lleva a cabo en la misma placa ESP8266 mediante el método de suma de Riemann, permitiendo obtener la posición en tiempo real del carrito durante su recorrido en el supermercado.

Para mejorar la precisión de la posición, se añade una placa ESP-01, la cual se encarga de conectarse a diferentes puntos de WiFi distribuidos estratégicamente en el local. La información sobre la ubicación detectada se transmite a la placa principal a través de la consola serial, permitiendo así la corrección de posibles errores acumulativos inherentes al proceso de integración.

Los datos de posición obtenidos se envían a la plataforma ThingsBoard, donde se genera un mapa de calor. Este mapa visualiza el recorrido del usuario en el supermercado, ofreciendo una representación gráfica de la frecuencia de visita a diferentes zonas del establecimiento.

Con el fin de proporcionar información al usuario, se incorpora un display controlado por la placa principal. Este display muestra el número de fila en el mostrador de servicio solicitado y presenta publicidad específica según la ubicación del carrito en el supermercado. Además, se implementa una bocina que emite una señal auditiva cuando el turno del usuario está próximo, siendo la activación de la misma gestionada por la placa principal.

Todo el sistema está alimentado por una batería portátil, asegurando así su autonomía durante el recorrido del carrito en el supermercado.

El segundo componente físico del sistema consiste en las placas ESP-01, las cuales desempeñan la función de repetidores de WiFi. Estas placas se distribuyen estratégicamente por todo el supermercado con el objetivo de mejorar la precisión del sistema.

Cada placa ESP-01 ha sido programada de manera individual, asignándole un nombre único. Esta programación personalizada permite asociar cada placa con una posición específica en el supermercado. Este enfoque se conoce como el método de ubicación con WiFi, donde la identificación única de cada repetidor contribuye a la determinación precisa de la ubicación del carrito en tiempo real dentro del establecimiento.

Materiales

Para llevar a cabo las pruebas y demostraciones en el salón de laboratorio, se requerirá una serie de materiales, principalmente componentes electrónicos que faciliten la manipulación de los datos de posicionamiento, así como elementos que permitan proporcionar información al cliente. A continuación, se presenta una lista detallada de estos materiales:

- Placa ESP8266
- Placa ESP-01
- Módulo Inercial (IMU)
- Display LCD
- Carro de compras
- Fuente de alimentación para placas ESP-01 (pilas)
- Portapilas
- Fuente de alimentación para placa ESP8266 (batería)
- Módulo Buzzer Activo (alarma sonora)
- Maqueta

Estos componentes se seleccionaron considerando su capacidad para facilitar la recolección y procesamiento de datos de posicionamiento, así como para ofrecer una experiencia demostrativa completa al cliente. La maqueta proporcionará un entorno controlado y replicable para llevar a cabo pruebas exhaustivas y demostraciones efectivas en el laboratorio. La combinación de estos materiales permitirá evaluar y validar el rendimiento del sistema en diferentes escenarios simulados.

Pruebas de concepto

El proyecto avanzó significativamente, habiendo completado con éxito las pruebas de concepto inicialmente establecidas. Estas pruebas proporcionaron una comprensión detallada de las capacidades de cada dispositivo, así como de las limitaciones y precauciones que debían tenerse en cuenta en el desarrollo del sistema.

La primera prueba de concepto se centró en la evaluación de la ESP8266 y se llevó a cabo incluso antes de la presentación del anteproyecto. La información recopilada durante esta fase influyó en la decisión de optar por un sistema híbrido, como se detalla en la descripción del proyecto.

Posteriormente, se realizaron las pruebas de concepto para el Dashboard y los mapas de calor, inicialmente basándose únicamente en el posicionamiento de las placas. Estas pruebas se complementaron más tarde con la información del IMU. Con estas fases ya completadas, el grupo se encontraba en posición de presentar el primer prototipo con estas funcionalidades incorporadas.

Las pruebas posteriores se enfocaron en la IMU y el display, y la integración de estas funcionalidades en el prototipo anterior dio lugar al desarrollo del prototipo 2.

Finalmente, se llevaron a cabo las pruebas relacionadas con la bocina de aviso de turno y la visualización de ofertas y propagandas en tiempo real. Tras la exitosa conclusión de estas fases, el grupo se preparó para presentar el producto final.

Todos los contratiempos que surgieron durante la realización de las pruebas de concepto fueron de inmediato abordados y resueltos con prontitud dentro de los plazos establecidos en el diagrama de Gantt. Esta estrategia garantizó que cualquier problema identificado durante el proceso de pruebas fuera tratado de manera oportuna y eficiente, permitiendo así el cumplimiento de los hitos y objetivos establecidos en el cronograma del proyecto. La capacidad para resolver y corregir los errores en los tiempos planificados contribuyó significativamente al progreso fluido y exitoso del proyecto en todas sus fases.

Riesgos y problemas

A partir de la investigación inicial realizada y que fue debidamente documentada en el anteproyecto, se determinó que los posibles riesgos o problemas asociados al proyecto están directamente relacionados con el sistema de posicionamiento diseñado. Esto puede incluir aspectos como una mala conexión entre las placas, lo que podría resultar en la transmisión de datos incorrectos, o incluso en el tiempo de demora entre las conexiones, generando la posibilidad de que la información obtenida sea obsoleta cuando se logre la conexión exitosa.

Adicionalmente, como se explicó en la descripción del proyecto y fue mencionado en el anteproyecto, la investigación primaria destacó que el módulo inicial presenta un error acumulable. La importancia de abordar este error de manera adecuada se resaltó en el anteproyecto, ya que su falta de corrección podría afectar de manera significativa el producto final, llegando incluso a hacerlo obsoleto. Es fundamental tener en cuenta que estos aspectos críticos fueron debidamente considerados y mencionados en el anteproyecto como parte integral de la identificación y gestión de riesgos.

En el documento del anteproyecto se especificaron tres niveles de proyecto, cada uno representando diferentes grados de complejidad y la cantidad de características que se planea incorporar en la solución final. A continuación, se detalla en qué consiste cada nivel.

Mínimo Producto Viable:

Este nivel implica que el sistema de localización y posicionamiento funcione correctamente, permitiendo la lectura y análisis de datos enviados a la nube para la creación de mapas de calor. Además, se incluye la capacidad de obtener ofertas relacionadas a la ubicación a través de la pantalla integrada al carro.

Producto Estándar:

En este nivel, se incorporan las características del Mínimo Producto Viable y se agrega la funcionalidad de indicar en los mapas de calor los puntos en los que los clientes se mantienen detenidos por más tiempo. Esto proporciona precisión en el manejo de datos de los productos más visitados. También se añaden opciones en la pantalla para solicitar un

número y recibir alertas sonoras al aproximarse el turno, optimizando así los tiempos de espera en las filas y permitiendo a los usuarios realizar otras tareas mientras esperan.

Producto Premium:

Este nivel, que se implementó en su totalidad a excepción de la funcionalidad de los códigos QR, presenta características adicionales que mejoran significativamente la experiencia del usuario. Además de contar con las funcionalidades de los niveles anteriores, el Producto Premium incorpora la opción de códigos QR. Sin embargo, debido a la decisión de prescindir de la funcionalidad de los códigos QR para acceder a los dashboards, ahora el usuario puede acceder a estos dashboards a través de Internet en ThingsBoard.

Esta variación asegura que el acceso a la información en tiempo real sobre las filas y las alertas de proximidad al turno se realice de manera eficiente y directa mediante la conexión a Internet. La alarma en este nivel continúa emitiendo sonidos que varían según la proximidad del turno o puede no emitir sonido si el usuario ya se encuentra en la zona del mostrador solicitado. Además, el dashboard en línea permite mostrar información adicional sobre productos específicos y facilita la solicitud de un número para la fila de los mostradores de servicio. La opción de los códigos QR se mantiene como una alternativa para futuras implementaciones, sujeta a disponibilidad de recursos financieros y de tiempo.

Se añade un encoder a todas estas características por necesidad. Inicialmente concebido como una alternativa para medir distancias, tras diversas pruebas se concluyó que la mejor utilización del encoder era determinar la dirección en la que nos dirigimos y realizar la integración en consecuencia. Dado que nuestra integración solo funciona de manera óptima sólo hacia adelante, esta solución resuelve dicho problema. Ahora, los datos de posición avanzan hacia adelante, ajustando el signo según la información del encoder.

Desarrollo de la bitácora

En la siguiente sección se detalla la bitácora desde la determinación del problema hasta las soluciones técnicas propuestas para el desarrollo de carritos inteligentes en supermercados

Desde el inicio del proyecto el 15 de agosto, se llevaron a cabo varias etapas fundamentales. Inicialmente, se plantearon distintas ideas para abordar la problemática identificada. El enfoque se centró en la implementación de carros inteligentes en supermercados, incorporando sensores para localización, la creación de mapas de calor y una pantalla como actuador. Esta última tenía la capacidad de mostrar ofertas y publicidades, adaptándose a la ubicación específica del usuario.

En fechas posteriores, se realizaron pruebas significativas con ESP 01 para mejorar la detección dentro del supermercado. Estas pruebas resultaron exitosas, permitiendo filtrar señales wifi y, en consecuencia, mejorar la precisión del sistema. De manera simultánea, se avanzó en la formalización del anteproyecto, se diseñaron imágenes ilustrativas y se llevaron a cabo búsquedas de materiales específicos.

El trabajo se focalizó en explorar ThingsBoard, donde se llevaron a cabo pruebas y experimentos para implementar mapas de calor y widgets. Además, se adquirieron componentes clave como el módulo IMU y el display. La programación de ESP-01 como punto de acceso wifi fue un hito importante, aunque se enfrentaron desafíos notables en la conexión con ThingsBoard y en el manejo del módulo IMU,

superando problemas relacionados con la conexión I2C.

En el desarrollo del proyecto, se enfrentaron desafíos en la conexión a ThingsBoard y en la integración del módulo IMU. Se exploraron diversas alternativas para la localización, incluyendo el envío de coordenadas a ThingsBoard para su integración con el mapa de calor. Se abordaron desafíos adicionales en la conexión a ThingsBoard y con el módulo IMU.

Se continuó con mejoras en el código del IMU y se exploraron alternativas para la localización. Se realizó la primera solicitud de compras para adquirir el módulo IMU y el display.

Las pruebas sobre la precisión de la señal strength de los beacons revelaron desafíos en el cálculo de la distancia. Se exploraron diversas opciones de localización, incluyendo la implementación de un encoder como solución de respaldo.

Luego de enfrentar problemas en la normalización de valores del ángulo de giro, se tomó la decisión de abandonar la idea del acelerómetro y adoptar el plan de respaldo con el encoder.

Se continuó con pruebas del encoder rotativo y se inició la implementación del filtro para la posición basado en el encoder. Sin embargo, la precisión y confiabilidad del sistema se vieron afectadas.

Se diseñaron filtros para la aceleración y velocidad, pero se enfrentaron a errores significativos. Se concluyó que rastrear correctamente la posición con el IMU era imposible.

Se optó por un plan de respaldo utilizando un encoder rotativo, y se realizaron pruebas exitosas con el envío de datos a la nube y la visualización de puntos móviles en el mapa de calor de ThingsBoard.

En las etapas finales del proyecto, se abordó la limitación de la placa principal ESP8266 que no podía conectarse a dos wifis simultáneamente, implementando una solución con otra placa (ESP01) para manejar las conexiones.

El equipo logró superar desafíos técnicos y optimizar el rendimiento del sistema, finalizando con éxito la transmisión y procesamiento de datos entre placas ESP8266 y ESP01 el 23 de noviembre.

Análisis Preliminar de Soluciones para la Localización en Espacios Cerrados

A continuación, se presenta una descripción detallada y técnica de la solución propuesta para abordar el problema planteado anteriormente en el proyecto, junto con las posibles alternativas consideradas durante la fase de investigación y desarrollo. El objetivo principal del proyecto se centra en la localización precisa de cada carrito en un espacio cerrado.

En las primeras etapas, se exploraron diversas opciones para lograr este objetivo. Se descartó la posibilidad de utilizar rastreo por GPS, ya que la precisión de esta técnica, con un margen de error de 15 metros, resulta inadecuada para ubicar de manera específica a una persona en un entorno cerrado.

Se investigaron alternativas basadas en dispositivos distribuidos en el local que proporcionan información de ubicación. Una opción considerada fue el uso de beacons conectados mediante Bluetooth a cada carrito inteligente. Sin embargo, se identificó una limitación presupuestaria en el costo de los beacons, lo que afectaría la viabilidad económica del proyecto.

La tecnología RFID, que implica el uso de dispositivos activos y pasivos para enviar información por radiofrecuencia, fue otra alternativa evaluada. A pesar de su precisión, se encontró que su aplicación requeriría una cantidad significativa de dispositivos activos, elevando los costos y superando el presupuesto disponible.

En la búsqueda de alternativas para aplicar la técnica de triangulación, se investigó un método que utiliza la intensidad de la señal WiFi emitida por un dispositivo para estimar su distancia. Se determinó que este enfoque podría implementarse de manera más accesible utilizando placas de desarrollo ESP-01.

Además, se exploró un proceso de trackeo basado en un módulo inercial electrónico equipado con acelerómetro y giroscopio integrados. A pesar de sus capacidades, se identificó el fenómeno del "drift", un error acumulativo en la información recolectada, lo que podría afectar la precisión a lo largo del tiempo.

Después de analizar estas tecnologías, se llegó a la conclusión de que la mejor opción sería implementar un sistema híbrido. Este enfoque combinaría el seguimiento del movimiento del carrito mediante un módulo inercial (IMU) y corregir posibles errores utilizando el cálculo de la distancia hacia un punto de acceso WiFi. Cabe destacar que esta elección se respalda en las conclusiones detalladas en el anteproyecto, donde se consideraron y evaluaron cuidadosamente las ventajas y limitaciones de cada enfoque.

Diseño de Mapa de calor

En las etapas del proceso previstas en el anteproyecto, se determinó comenzar por una de las principales funcionalidades del sistema como lo es el mapa de calor.

El mismo se trata de una imagen dinámica en la que se ve el plano de un espacio cerrado cualquiera, y sobre la cual se agregan puntos de posición a tiempo real ilustradas a modo de mapa de calor.

El mismo debe poder verse desde un dashboard en Thingsboard, por lo que la investigación de cómo implementar esta característica comenzó en la búsqueda de un widget que se adapte a la idea.

En la plataforma se disponen de varios widgets simples para implementar en los proyectos, incluidos algunos con funciones relacionadas con mapas y geolocalización. Sin embargo, ninguno de ellos cumplía con los requisitos ni está creado como para superponerlo con un mapa de calor, por lo que la idea del equipo terminó en la creación de un widget propio, adecuado a las características necesarias y editable en cualquier aspecto para adaptarse progresivamente a cada etapa por la que se transita.

El concepto de mapa de calor es un concepto universal y que está aplicado en muchas áreas de la industria. Su implementación por código puede ser simple pero se requiere de tiempo de investigación, pruebas y perfeccionamiento para que esté listo para utilizar en el proyecto (tiempo que no está previsto en la organización del cronograma). Por estas razones se buscaron implementaciones ya creadas, que se puedan editar y sean fáciles de aplicar en nuestro widget.

La primera a la que se llegó es una librería abierta de javascript, de mapas de calor dinámicos llamada heatmap.js por Patrick Wied.

Como una opción mucho más simple y aún así editable, se encontró simpleheat.js de mourner.

En este punto el objetivo fue añadir las librerías a un widget de thingsboard, proceso que no fue posible a pesar de la opción de importar recursos. Ésta traba llevó a la solución de no incluir alguna de las librerías en su totalidad, sino las funciones importantes que permiten la generación de un mapa de calor. Se eligió Simpleheat, ya que es un código simple que genera puntos del formato de mapa de calor sobre un elemento de Canvas en Javascript, y nuestra implementación radicó en generar un espacio en el widget sobre el que se puedan dibujar los elementos gráficos, teniendo una imagen de fondo.

Funcionamiento del widget HEATMAP

El programa que corre en el widget consta de una función que se ejecuta cada vez que los datos disponibles en Thingsboard son actualizados. Es decir, cada vez que se recepciona un paquete MQTT, nuestro widget va a estar al tanto y ejecutar el siguiente guión.

Primero se recorren los arrays donde se encuentran los datos recepcionados, tomando los strings con varias posiciones contenidas en él, para tomar cada una y agregarla al heatmap. El agregado consta de una verificación de posición, usando una función llamada “zonaProhibida”, la cual chequea que la posición a agregar no se encuentra fuera del mapa o sobre una zona no deseada, como puede ser sobre una góndola. Una vez verificado esto se ejecuta la función de la librería simpleheat, que agrega los puntos a un array y a su vez los dibuja sobre el Canvas.

Implementación de módulo MPU-9250

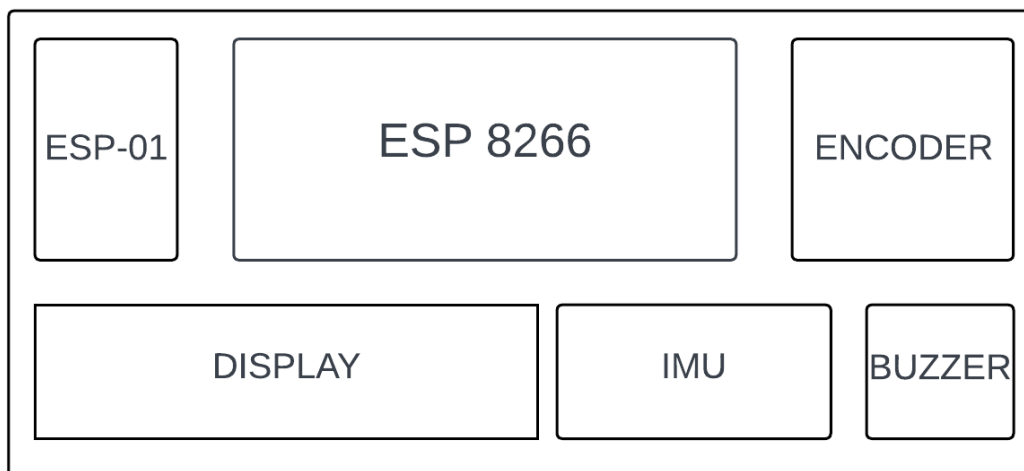
Éste módulo consiste en un acelerómetro, un giróscopo y un magnetómetro.

Su funcionamiento no es simple, así que el equipo decidió disponer de una librería para la comunicación entre la placa principal y el módulo, y que además aplica un filtrado pasa bajos para eliminar el ruido de frecuencias más altas y una calibración automática que se hace tomando valores iniciales de aceleración en todos los ejes. La librería es MPU_9250WE de Wolfgang Ewald.

El subproceso de implementación de éste módulo fue el más largo de todos los otros dentro del proyecto. En el mismo se hicieron numerosas pruebas de concepto, investigaciones, cálculos, y se tomaron decisiones basadas en el tiempo, los conocimientos y el presupuesto disponible. A lo largo de esta sección se verán detalladamente las etapas transitadas en orden cronológico, hasta llegar a la conclusión y al sistema final.

En una primera instancia, una vez que se realizaron las conexiones entre el módulo y la esp8266 y se implementó la librería, se empezó por observar los datos provistos para planear cómo procesarlos de manera correcta y así obtener lo deseado.

Los mismos son valores de aceleración, que vistos utilizando el Serial Plotter de arduino IDE, se pudo ver que contaban con mucha cantidad de ruido, y eran sumamente sensibles a movimientos o rotaciones. Para llegar desde los mismos a una posición debemos hacer una integración de cada valor en el tiempo discreto, o lo que es conocido en el área matemática como “suma de Riemann”, una vez para obtener valores de velocidad, y una segunda vez para llegar a la posición.



Aprendizaje

En esta sección se abordará desde un lado autocrítico y reflexivo la clave del aprendizaje en el proyecto. Se destacarán desde los puntos más positivos hasta los puntos que debieron ser sustituidos o cuales deberían serlo en otros contextos temporales y presupuestarios.

Desde el comienzo del proyecto se establecieron los prototipos mencionados a los cuales se pretendía alcanzar, siempre destacando que esto estaba sujeto a ciertos cambios debido a los márgenes de error acumulable que se preveía tener en cada componente.

Durante el proyecto al manejar estos errores acumulables se decidió agregar componentes extras los cuales están dedicados puramente a reducir los problemas generados por aspectos de los otros que no fueron tenidos en cuenta desde un comienzo o no de la forma que sucedieron posteriormente.

Unos de los problemas más significativos que se presentó a lo largo de la realización del proyecto fue relacionado al módulo inercial MPU-9250, por más que se obtuvo un gran rendimiento con su giroscopio, al momento de trabajar integrando dos veces de forma discreta la aceleración proporcionada por el acelerómetro se presentaron errores muy significativos de mediciones por lo que se debió requerir a diversos filtros digitales discretos unos creados desde cero y otros como el filtro de Kalman aplicados desde una biblioteca.

Con esto se consiguió una mejora significativa de los datos obtenidos pero no era un funcionamiento óptimo para movimientos en dos movimientos sobre un eje (hacia adelante y hacia atrás), por lo que se optó por colocar un encoder rotativo o contador de vueltas con la finalidad de saber hacia qué dirección se estaría dirigiendo el carro de compras.

Otro problema que marcó un cambio en el proyecto debido a que se necesitó cambiar la funcionalidad de uno de los componentes fue el hecho de que la placa ESP-8266 encargada del procesamiento de datos requiere mantenerse conectada a una red wifi para enviar los datos a la nube pero se había previsto que esta placa presentara cambios en la red a la que se conecta siendo estos los checkpoints wifi. Dado esto se procedió a utilizar

una placa ESP-01 para esta finalidad y luego realizar una comunicación por consola serial con la placa ESP-8266 encargada del procesamiento de los datos.

Diagrama de conexiones:

En la siguiente imagen, se presentan los esquemas de conexión del circuito electrónico. Se evidencia la interconexión de los siguientes componentes: IMU, ESP8266, Buzzer activo, Fuente de alimentación, Display, ESP-01.

