

**DISPOSITIVO DE NAVEGACIÓN PARA ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES
CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA E INTERFAZ DE USUARIO PARA DISPOSITIVOS
MÓVILES**

JESÚS DAVID LÓPEZ GUAHUÑA

KAREN ANDREA MEDINA COSSIO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ D.C

2017

**DISPOSITIVO DE NAVEGACIÓN PARA ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES CON
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA E INTERFAZ DE USUARIO PARA DISPOSITIVOS
MÓVILES**

JESUS DAVID LÓPEZ GUAHUÑA

KAREN ANDREA MEDINA COSSIO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

DIRECTOR

ING.OSCAR AVILÉS SÁNCHEZ, PH.D.

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ D.C

2017

DEDICATORIA

A nuestros padres, por la semilla
de superación que han sembrado
en nosotros, a nuestros maestros
y compañeros por el apoyo
brindado.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra familia, por su comprensión y estímulo constante, además de su apoyo a lo largo de nuestros estudios.

A nuestros asesores: Dr. Avilés, Ing. Christian Segura, quienes nos brindaron su valiosa y desinteresada orientación y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Y a todas las personas que de cualquier otra forma nos apoyaron en la realización de este trabajo.

Índice general

1. RESUMEN	12
2. INTRODUCCIÓN	14
2.1. OBJETIVO GENERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2.3. METODOLOGÍA	15
2.4. ANTECEDENTES	15
2.4.1. BALIZAS INFORMATIVAS	15
2.4.2. ESTIMOTE BALIZAS Y PEGATINAS	16
2.4.3. API TANGO	17
2.4.4. AVENIDA CHILE CENTRO COMERCIAL Y FINANCIERO	17
2.4.5. APLICACIÓN MÓVIL RETIRO CENTRO COMERCIAL	17
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	18
3.2. MATERIALES ECOLÓGICOS (SOSTENIBILIDAD)	21
3.3. MATERIALES NO ECOLÓGICOS	22
3.4. ACRÍLICO	23
3.5. APLICACIÓN PARA MÓVILES INTELIGENTES	23
3.6. MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN POR BÚSQUEDA HEURÍSTICA	24
3.7. IMU (Unidad de Medición Inercial)	24
3.7.1. Celulares utilizados como imu	24
3.8. ALGORITMOS DE LOCALIZACIÓN	26
3.8.1. Algoritmo de posición a partir de la aceleración de un objeto	26
3.8.2. Triangulación con señal WiFi	26
3.9. SERVICIOS EN LA NUBE	27
3.10. PROTOCOLO TCP (PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN)	27
3.11. PROTOCOLO HTTP	28
3.12. CALCULOS DE TRAYECTORIAS	29
3.12.1. Problema del agente viajero	29
3.12.2. Algoritmo de Dijkstra	29

3.12.3. Filtro de Kalman	32
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA Y ESTUDIO ECONÓMICO	33
4.1. COSTOS INICIALES	33
4.1.1. Chip NFC referencia NTAG216	34
4.2. ELECCIÓN DE MATERIAL	36
4.3. DISEÑO PROTOTIPO CAD	37
4.4. COSTOS FINALES	39
4.5. MATERIAL Y DISEÑO FINAL	40
5. DESARROLLO SOFTWARE LOCALIZACIÓN	41
5.1. LOCALIZACIÓN INDOOR (IMU)	41
5.1.1. Conclusión de la prueba	43
5.2. MATRIZ DE ROTACIÓN	43
5.3. CALIBRACIÓN LINEAL	45
5.3.1. Conclusiones de la prueba	45
5.4. FILTRO DE KALMAN Y CALIBRACIÓN DEL ACELEROMETRO	45
5.4.1. Señales celular Sony C1904 en reposo	46
5.4.2. Señales celular Sony C1904 con Filtro Kalman	53
5.4.3. Señales celular Sony C1904 con calibración	60
5.4.4. Señales celular Sony C1904 con Filtro Kalman mas calibración	67
5.4.5. Señales celular Sony C1904 con calibración mas Filtro Kalman	74
5.4.6. Conclusión de la prueba	80
6. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO	82
6.1. ALGORITMO DE TRAYECTORIAS	82
6.2. PROBLEMA DEL AGENTE VIAJERO	82
6.3. ALGORITMO DE DIJKSTRA	83
6.4. INTEGRACIÓN TSP Y DIJKSTRA	86
6.5. DESARROLLO APP ANDROID-ADMINISTRADOR	96
6.6. DESARROLLO APP ANDROID USUARIO	101
7. CONCLUSIONES	107
8. TRABAJO FUTURO	108
A. ANEXOS	116
A.1. Filtro de Kalman	116
A.2. Calibración cuadrática	117

Índice de figuras

2.1. Baliza informativa	16
2.2. Estimote	16
3.1. Cobertura Bluetooth LE	19
3.2. NFC	19
3.3. Dispositivo móvil como IMU	25
3.4. Giroscopio	26
3.5. Triangulación con WiFi	27
3.6. Paso 1 Algoritmo Dijkstra	30
3.7. Paso 3 Algoritmo Dijkstra	30
3.8. Paso 7 Algoritmo Dijkstra	31
3.9. Proceso Filtro Kalman	32
4.1. NTAG216	34
4.2. Diagrama de bloque	35
4.3. Diagrama de comunicación	35
4.4. Materiales seleccionados	36
4.5. Características del Rubber	37
4.6. Primer diseño	38
4.7. Segundo diseño	38
4.8. Tercer diseño	39
4.9. Cuarto diseño	39
4.10. Quinto diseño	39
4.11. Tapa delantera diseño final	40
4.12. Interior diseño final	40
5.1. Muestras celular posición XY	42
5.2. Muestras celular posición YZ	42
5.3. Muestras celular posición XZ	43
5.4. Posiciones celular para pruebas	44
5.5. App Qt	44

5.6. Calibración lineal Q_t	45
5.7. Señales acelerómetro posición XY	46
5.8. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY	47
5.9. Media aceleración en Z posición XY	47
5.10. Histograma aceleración posición XY	48
5.11. Señales acelerómetro posición XZ	48
5.12. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ	49
5.13. Gráfica media aceleración en Z posición YZ	49
5.14. Histograma aceleración posición XZ	50
5.15. Señales acelerómetro posición YZ	50
5.16. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ	51
5.17. Gráfica media aceleración en Z posición XZ	51
5.18. Histograma aceleración posición YZ	52
5.19. Histograma magnitud aceleración	52
5.20. Señales acelerómetro posición XY	53
5.21. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY	54
5.22. Media aceleración en Z posición XY	54
5.23. Histograma aceleración posición XY	55
5.24. Señales acelerómetro posición XZ	55
5.25. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ	56
5.26. Gráfica media aceleración en Z posición YZ	56
5.27. Histograma aceleración posición XZ	57
5.28. Señales acelerómetro posición YZ	57
5.29. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ	58
5.30. Gráfica media aceleración en Z posición XZ	58
5.31. Histograma aceleración posición YZ	59
5.32. Histograma magnitud aceleración	59
5.33. Señales acelerómetro posición XY	60
5.34. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY	60
5.35. Media aceleración en Z posición XY	61
5.36. Histograma aceleración posición XY	61
5.37. Señales acelerómetro posición XZ	62
5.38. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ	62
5.39. Gráfica media aceleración en Z posición YZ	63
5.40. Histograma aceleración posición XZ	63
5.41. Señales acelerómetro posición YZ	64
5.42. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ	64
5.43. Gráfica media aceleración en Z posición XZ	65
5.44. Histograma aceleración posición YZ	65

5.45. Histograma magnitud aceleración	66
5.46. Señales acelerómetro posición XY	67
5.47. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY	67
5.48. Media aceleración en Z posiciónXY	68
5.49. Histograma aceleración posiciónXY	68
5.50. Señales acelerómetro posición XZ	69
5.51. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ	69
5.52. Gráfica media aceleración en Z posición YZ	70
5.53. Histograma aceleración posición XZ	70
5.54. Señales acelerómetro posición YZ	71
5.55. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ	71
5.56. Gráfica media aceleración en Z posiciónXZ	72
5.57. Histograma aceleración posición YZ	72
5.58. Histograma magnitud aceleración	73
5.59. Señales acelerómetro posición XY	74
5.60. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY	74
5.61. Media aceleración enZ posición XY	75
5.62. Histograma aceleración posición XY	75
5.63. Señales acelerómetro posición XZ	76
5.64. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posiciónXZ	76
5.65. Gráfica media aceleración en Z posición YZ	77
5.66. Histograma aceleración posición XZ	77
5.67. Señales acelerómetro posición YZ	78
5.68. Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ	78
5.69. Gráfica media aceleración en Z posición XZ	79
5.70. Histograma aceleración posición YZ	79
5.71. Histograma magnitud aceleración	80
6.1. Demo TSP usando algoritmos genéticos	83
6.2. TSP Unicentro	84
6.3. Unicentro punto inicio y punto final	84
6.4. Unicentro dadas por TSP	85
6.5. Camino dado por Dijkstra	85
6.6. Camino más corto Algoritmo Dijkstra	86
6.7. c.c.Unicentro	87
6.8. Trayectoria con TSP	88
6.9. Mapa configurado para Dijkstra	89
6.10. Unicentro Puntos	90
6.11. Ruta entregada por TSP para ejemplo propuesto	91
6.12. P1 a P4	92

6.13. P4 a P6	93
6.14. P6 a P5	94
6.15. P5 a P3	95
6.16. P3 a P2	96
6.17. Lazarillo manager	99
6.18. Lazarillo Manager cargar	99
6.19. Lazarillo Manager Guardar	100
6.20. Lazarillo Manager edicion	100
6.21. Lazarillo Manager herramientas	101
6.22. Configuracion Lazarillo Manager	101
6.23. Sincronización de inicio	103
6.24. Error de comunicación	103
6.25. Punto de inicio app	104
6.26. modo de busqueda	104
6.27. NFC app	105
6.28. opcion ubicación	105
6.29. Funcionamiento Manger y App	106

Índice de Tablas

3.1. RadidNFC	20
3.2. NFC 2	21
3.3. Propiedades generales	22
3.4. Resultado algoritmo Dijkstra[26]	31
4.1. Costos iniciales	34
4.2. Costos finales	40
5.1. Comportamiento gravedad con los 5 análisis	81

Capítulo 1

RESUMEN

El siguiente documento presenta el proceso de diseño e implementación de un dispositivo de navegación para establecimientos comerciales con comunicación inalámbrica e interfaz de usuario para dispositivos móviles, se muestra la metodología usada durante el desarrollo donde se emplean, en las áreas de la robótica y la inteligencia artificial, los algoritmos del problema del viajero (TSP) y el algoritmo de Dijkstra para la planificación de trayectorias, en el campo de las comunicaciones el uso de la tecnología NFC, además del protocolo REST para la integración con un API web, para el módulo de navegación se hace un estudio de para la implementación de localización en edificaciones (indoor localization) usando los sensores de un dispositivo móvil como una unidad de movimiento inercial (IMU) y su procesamiento de señales integrando el filtro de Kalman tanto como estimador como reductor de ruido de las señales gaussianas de los sensores del dispositivo. Finalmente se realiza un estudio de diferentes materiales para la realización del dispositivo que cumplirá la función de contener al tag que da la ubicación actual de quien lo use. Como conclusión se obtiene que a pesar de los procesos de calibración y filtrado de las señales, los sensores de un dispositivo móvil no son lo suficientemente confiables para obtener la localización en edificaciones. Se logra la implementación de los algoritmos anteriormente mencionados para la planificación de rutas y se entrega una aplicación de administración de que permite la configuración de la aplicación móvil bajo protocolo de comunicación REST al API de un servidor online que almacena las estructuras de información mediante las que se da acceso al usuario a la interacción con el aplicativo. Finalmente se entrega un dispositivo con la capacidad de almacenar un tag NFC, que se adecúa a la lógica de la aplicación, bajo un modelo sostenible realizado en impresión 3D, garantizando su alta durabilidad y calidad estética.

Palabras Claves: Red inalámbrica, aplicaciones móviles, materiales ergonómicos y ambientales, centro comercial, navegación, planeación de trayectorias, robótica, Kalman, Dijkstra, NFC, TSP, comunicaciones, factibilidad empresarial.

Abstract

The following document presents the process of design and implementation of a navigation device for commercial establishments with wireless communication and user interface for mobile devices, it shows the methodology used during the development, in the areas of robotics and artificial intelligence, the travelling

salesman problem (TSP) and the Dijkstra algorithm were used for path planning, in the field of communications the use of NFC technology, in addition to the REST protocol for integration with a web API, for the module navigation is done a study of the implementation of indoor localization using the sensors of a mobile device as an inertial movement unit (IMU) and its signal processing integrating the Kalman filter as an estimator and reducer of noise of Gaussian signals from the sensors of the device. Finally a study of different materials for the realization of the device that will fulfill the function of contain to the tag that gives the current location of who uses it. In conclusion, despite the processes of calibration and filtering of the signals, the sensors of a mobile device are not reliable enough to obtain an accurate indoor localization. The implementation of the aforementioned algorithms for route planning is achieved and an administration application is provided that allows the configuration of the mobile application under REST communication protocol to the API of an online server that stores the information structures through which the user is given access to the interaction with the application. Finally, a device with the capacity to store an NFC tag, which is adapted to the logic of the application, is delivered under a sustainable model realized in 3D printing, guaranteeing its high durability and aesthetic quality.

Keywords: wireless network, mobile applications, ergonomic and environmental materials, shopping mall, navigation, path planning, robotics, Kalman, Dijkstra, NFC, TSP, communications, business feasibility

Capítulo 2

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más recurrentes a la hora de ubicarse en un establecimiento comercial radica en el hecho que muchas veces resulta muy dispendioso trasladarse a un punto de información o simplemente los mapas que se encuentran en estos lugares no cuentan con unos datos lo suficientemente precisos o actualizados como para que el tiempo invertido en ir hasta ese lugar se vea recompensado por la obtención de una asesoría adecuada. La propuesta que se presenta radica principalmente en la idea de dar solución a este problema, poniendo en las manos de los usuarios comunes de estos lugares una aplicación capaz de dar una ubicación exacta de los establecimientos que el cliente desea visitar, los productos de su interés, generar una ruta óptima para su movilización hasta ese lugar, o realizar la planeación de itinerario con trayectorias entre los locales mientras se encuentre en el establecimiento; paralelamente está el dispositivo en el cual quien administre el establecimiento podrá actualizar los datos y transmitirlos a sus clientes, este actúa de manera inalámbrica por medio de una red wi-fi y permite la carga de imágenes, catálogos o textos para que sean presentados a los usuarios.

En este informe se encontrara inicialmente la presentación de los objetivos planteados para la realización del proyecto, enseguida la parte correspondiente a la metodología de trabajo que se emplea, siguiendo estará una introducción a las temáticas relacionadas con el proyecto, dando así un marco teórico de referencia a los aspectos técnicos y de profundidad en el área del conocimiento, y un estado del arte que da relación del proyecto con lo que actualmente existe, seguido a esto se dará a conocer el proceso de diseño, los factores que se tienen en cuenta, los procesos empleados en su realización; después se presentaran los resultados obtenidos mediante la implementación del dispositivo y finalmente se evaluaran los objetivos propuestos mediante una conclusión del documento haciendo un paralelo entre lo que se obtuvo y lo que se dio a conocer en el estado del arte, mostrando la innovación y el estudio de factibilidad del proyecto como un producto para ser comercializado a futuro.

2.1. OBJETIVO GENERAL

Innovar en la industria un dispositivo sostenible, económico y versátil capaz de transmitir datos por medio de una red inalámbrica completando este con una aplicación móvil interactiva y llamativa para el usuario.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Adquirir los conocimientos necesarios en el área de comunicaciones específicamente en redes y desarrollo de aplicaciones móviles, en el área de electrónica como formas eficientes de alimentación, un diseño compacto, unidades de almacenamiento de datos, en el área de mecánica en diseños ergonómico y sostenible con materiales resistentes amigables con el medio ambiente.
- Diseñar y fabricar una unidad orientadora inalámbrica, para realizar de una forma sencilla la ubicación dentro de un establecimiento.
- Desarrollar e implementar una interfaz de usuario para dispositivos móviles, dándole una opción de búsqueda y de navegación eficiente.
- Realizar un documento donde se plasme los conocimientos empleados, el desarrollo dentro de las diferentes áreas y su integración, los resultados obtenidos y las conclusiones pertinentes.

2.3. METODOLOGÍA

En el presente proyecto se plantearon cuatro objetivos específicos para la realización del proyecto. Planteamiento del problema la explicación de este y la definición de los objetivos a desarrollar en la tesis. Realizar una investigación bibliográfica, para plantear y desarrollar las pruebas correspondientes. Diseño de la arquitectura, definición del modelo de datos y planteamiento del mecanismo de comunicación para lograr el objetivo del proyecto y la documentación del trabajo realizado donde se plasma todo el desarrollo e investigación realizada.

2.4. ANTECEDENTES

2.4.1. BALIZAS INFORMATIVAS

“Son unos dispositivos transmisores que emiten una señal bluetooth LE mostrados en la figura 2.1, constantemente de bajo consumo, por lo que pueden estar conectadas durante meses sin recargarlas. Cuando detectan la señal bluetooth LE de un teléfono móvil cercano a la baliza, se comunican con el teléfono móvil, enviando un mensaje vía bluetooth, sin que el propietario del móvil intervenga en la conexión. La baliza habla con el teléfono, es decir máquina que habla con máquina directamente. La gran limitación que presenta esta técnica es la gran diversidad de sistemas operativos diseñados para dispositivos móviles (Symbian, Windows Mobile, Linux, Java...), teniendo que diseñar contenidos que sean compatibles con dichos sistemas a diferencia de los mensajes cortos, cuyo formato está prácticamente estandarizado. Otra limitación es que una cantidad de usuarios desactivan el Bluetooth de sus terminales o, si la tienen activa, se encuentra en un modo invisible para otros dispositivos; lo que imposibilita el envío de información.” [88]



Figura 2.1: Baliza informativa

tomada de http://cdn3.computerhoy.com/sites/computerhoy.com/files/editores/user-11130/balizas2_0.jpg

2.4.2. ESTIMOTE BALIZAS Y PEGATINAS

“Son pequeños sensores inalámbricos que puede adjuntar a cualquier lugar u objeto Figura 2.2. Ellas transmiten señales de radio pequeñas que el Smartphone puede recibir e interpretar, el desbloqueo de micro-localización y la conciencia contextual. Con el SDK Estimote, aplicaciones en el teléfono inteligente son capaces de entender su proximidad a los lugares y los objetos cercanos, reconociendo su tipo, propiedad, ubicación aproximada, temperatura y movimiento. Utilice estos datos para construir una nueva generación de aplicaciones móviles mágicas que conectan el mundo real a su dispositivo inteligente.”[40]



Figura 2.2: Estimote

tomada de <http://www.sinergialabs.com/wp-content/uploads/2015/09/estimote-ibeacons-800px.png>

Tomando como referencia los anteriores dispositivos para el desarrollo, diseño e implementación del dispositivo a innovar. Una de las constantes más notorias en los sistemas que trabajan con dispositivos de transmisión inalámbrica es el elevado consumo de energía, por lo cual se considera fundamental la elección del sistema de alimentación con el cual se contara en el dispositivo, para ello se tendrán en cuenta algunas de las posibilidades a implementar en el diseño de acuerdo a su funcionalidad e implementación.

2.4.3. API TANGO

Proyecto de realidad aumentada de Google, en la actualidad está presente en el Lenovo Phab 2 Pro que cuenta con un conjunto de cámaras que permiten interactuar con la realidad aumentada, disfrutando del contenido en su pantalla. [80]

Las aplicaciones sugeridas van desde lo más mundano, como medir las dimensiones de tu casa antes de comprar muebles simplemente moviendo tu teléfono alrededor de la habitación, hasta lo más útil, como ayudar a las personas con discapacidades visuales en el interior de edificios desconocidos, pasando por lo frívolo, como convertir un pasillo en el espacio de un juego de realidad virtual.[79]

Google Project Tango Indoor mapping, es la aplicación mostrada en el museo nacional de arte de Barcelona donde se ve realiza un recorrido utilizando navegación interior, este cuenta con una línea de puntos en vivo proyectada en la vista de la cámara para facilitar el recorrido.

2.4.4. AVENIDA CHILE CENTRO COMERCIAL Y FINANCIERO

Dentro del centro comercial, en el área de información al usuario en el primer piso, se puede encontrar un panel inteligente, que contiene varia información como lo son: una búsqueda rápida de los diferentes locales, un mapa detallado de cada piso y una guía de eventos. Dentro de las búsquedas solo se da la opción dentro del mapa de seleccionar un local a la vez, dándole la aplicación el nombre del correspondiente y la ruta optima a seguir. Este panel representa la idea principal de la aplicación a desarrollar dentro del dispositivo a innovar, realizando unas modificación dentro del panel de búsqueda para brindarle más opciones al usuario.

2.4.5. APLICACIÓN MÓVIL RETIRO CENTRO COMERCIAL

En el 2012 uno de los más exclusivos centros comerciales se unió a el fabricante de celulares Nokia para desarrollar una aplicación que permite a los usuarios interesados en tener dentro de su móvil toda la información actualizada del mismo centro. Dentro de esta se podrá encontrar un mapa con la información sobre cada uno de los locales, como también los diferentes eventos ofrecidos dentro del centro comercial, este es modelo claro de la aplicación a desarrollar para implementar dentro del dispositivo a innovar.[72]

Capítulo 3

MARCO TEÓRICO

3.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Un sistema inalámbrico es aquel sistema de comunicación que no requiere de cables para la transmisión de datos. Existen varios como la radio analógica que transmite sus datos por medio de ondas electromagnéticas con ayuda de diferentes elementos como lo son los micrófonos, la antena y el altavoz.

- **Vía satélite** La comunicación vía satélite son capaces de transmitir y recibir señales que transportan información en forma analógica o digital de alta calidad. La mayoría de los satélites de comunicación son estacionarios y a una altura de 36.000Km. Al ser geoestacionarios las antenas de la tierra siempre apuntan directamente hacia el satélite correspondiente. La emisión de las señales se hacen desde una antena en la tierra, la recibe el satélite y envía las señales a otra antena situada en otro punto de la tierra (receptor final). [87]
- **Redes WiFi** Es una tecnología de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día, por medio de esta redes pueden transmitir hasta 100Mbps (Mega bits por segundos) aunque cada poco se investiga para poder transmitir más datos por segundo y así conseguir redes más rápidas. En estas redes, como en todas las demás, debemos tener un emisor de señales WiFi, normalmente un router WiFi, y los receptores deben tener un receptor WiFi que reciba la señal y la transforme. [13]
- **Red WIMAX** siglas de Worldwide Interoperability for Microwave Access, WiMax te permite tener una conexión similar a una ADSL tradicional con cable, pero en este caso sin cableado, lo que permite movilidad entre los equipos. Wimax está diseñado para entornos exteriores, pudiendo dar acceso a más de 100 usuarios de forma simultánea, esta tecnología es una especie de WiFi por microondas con alcance superior a los 70km y velocidades de hasta 124Mbps. [87]
- **Redes Bluetooth** un sistema utilizado para cortas distancias, no necesita de un punto intermedio para la comunicación, máximo se pueden conectar 8 dispositivos.[87]
- **Bluetooth LE** Sistema inalámbrico que emite una señal de 2.4Ghz con un alcance de hasta 100m como se ve en la figura 3.1, su ventaja a las redes bluetooth normales es que este tiene un bajo consumo

de energía que permite a los dispositivos que lo utilizan disponer hasta un año de batería. Maneja velocidades de transferencia de 1Mbps, su grado de seguridad es elevado a comparación del anterior sistema haciendo uso del nuevo cifrado llamado AES 128 con CCM.[87]



Figura 3.1: Cobertura Bluetooth LE

tomada de <http://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/imagenes/marketing-proximidad.jpg>

- o **NFC** [66] Tecnología inalámbrica que funciona en la banda de los 13.56 MHz por lo que no hace falta licencia para usarla, derivada de las etiquetas RFID presentes en las tarjetas de transporte o en sistemas de seguridad. Una plataforma abierta, con ella los equipos pueden recibir y enviar información al mismo tiempo, y gracias a su velocidad de comunicación la transmisión de los datos es casi instantánea.



Figura 3.2: NFC

tomada de <http://img.xataka.com/2011/01/nfc-a-fondo.jpg>

Tablas tomadas de http://rapidnfc.com/which_nfc_chip

Tabla 3.1: RadidNFC

	NTAG203	NTAG210	NTAG213	NTAG216
Tamaño de la memoria	168	80	180	924
Memoria 2	144	48	144	888
URL longitud	132	41	132	854
Best Use	Rentable con buena capacidad de memoria	Uso barato, disponibilidad limitada.	Chip de próxima generación.	Gran cantidad de memoria
Compatibilidad Universal	si	si	si	si
32 bit password	no	si	si	si
Serial Numero 6	7 bytes	7 bytes	7 bytes	7 bytes
ScanStrength 8	Alta	Alta	Muy alta	Alta

- Tamaño de memoria: es la cantidad total de memoria dentro del chip. Algo de esto habrá un tiempo programable (OTP), algunos serán para el bloqueo de funciones y así sucesivamente. La mayoría serán para leer usuario / escritura. Tablas 3.1 y 3.2
- Memoria de usuario: Es la parte más importante para el usuario, ya que se trata de la memoria disponible para almacenar los datos. Tablas 3.1 y 3.2
- URL: Es generalmente la longitud máxima de URL que puede almacenar en este chip, excluyendo el http:// o http://www. Tablas 3.1 y 3.2
- Compatibilidad universal: Se puede utilizar con todos los teléfonos móviles actuales habilitados NFC. Tablas 3.1 y 3.2
- Foro NFC Compliant: Compatible con las especificaciones de NFC Forum • Número de serie: Chip contiene un número de serie único para propósitos de identificación. Tenga en cuenta que un 'App' específico estaría obligado a acceder a esta información. Tablas 3.1 y 3.2
- Criptografía: Una característica de seguridad en el chip que puede ayudar a prevenir la clonación y el acceso no autorizado a datos. Esta es una característica muy avanzada que requiere conocimiento especializado y rara vez se necesita en condiciones de uso normal. Tablas 3.1 y 3.2
- ScanStrength Esto es una indicación de las distancias de exploración relativas del chip. Tablas 3.1 y 3.2

Tabla 3.2: NFC 2

	Ultralight C	Mifare 1k	Desfire 4k	Topaz 512
Tamaño de la memoria	64	168	80	180
Memoria 2	48	144	48	144
URL longitud	41	132	41	132
Best Use	Pobre distancia de exploración con los Smartphone	No es recomendable para teléfonos móviles	Requiere fuerte encriptación de datos	Universalmente compatible, útil para tarjetas virtuales o almacenamiento de datos pequeña
Compatibilidad Universal	si	si	si	si
32 bit password	no	no	si	si
Serial Numero 6	7 bytes	7 bytes	7 bytes	7 bytes
ScanStrength 8	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

3.2. MATERIALES ECOLÓGICOS (SOSTENIBILIDAD)

Dentro de los materiales ecológicos se encuentran los llamados materiales biodegradables, que son aquellos materiales que pueden ser destruidos por los microorganismos.[29]

- Bioplásticos Consiste en conseguir polímeros naturales a partir de residuos agrícolas, celulosa o almidón de patata o maíz, son 100% degradables, e igual de resistentes y versátiles que los plásticos comunes. [29]
- PHA Son poliésteres producidos mediante fermentación de una materia prima vegetal con ciertas cepas de bacterias. [59]
- PLA El ácido poli-láctico es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables al 100%, como son la maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Este ácido tiene muchas características equivalentes e incluso mejores que muchos plásticos derivados del petróleo, lo que hace que sea eficaz para una gran variedad de usos.[59], este material fue elegido para la fabricación del dispositivo como se verá más adelante.

3.3. MATERIALES NO ECOLÓGICOS

Diferentes materiales que poseen propiedades generales como se ve en la tabla 3.3

- Fluorosilicone (FVMQ) Material que combina la mayoría de los atributos de silicona con la resistencia de los aceites del petróleo y combustible de hidrocarburos, es utilizado principalmente para juntas de goma, componentes de goma moldeadas como lo son los aparatos médicos, aplicación medicas y aplicaciones de temperatura extremas. [82]
- Silicona (VMQ) Es un elastómero semi-orgánico con una increíble resistencia a condiciones extremas de temperatura y con una retención de flexibilidad. Proporcionan una excelente resistencia al ozono, el oxígeno y la humedad. [82]
- Caucho natural (NR) Es un producto coagulado a partir de látex del árbol del caucho, posee una buena resistencia a la abrasión y buenas propiedades de la superficie de fricción, trabaja a temperaturas de 104°C y posee buenas características de amortiguación de vibraciones, su principal desventaja son poca resistencia a UV y ozono. [82]
- Acrílico etileno (AEM) Es un terpolímero de etileno, acrilato de metilo, y un monómero que contiene ácido. Tiene excelente amortiguación de vibraciones, excelentes características de envejecimiento de calor y resistencia a los fluidos de transmisión, agua, mezclas de glicol, etc. [82]

Tabla 3.3: Propiedades generales

Muy bueno = MB	Bueno= B	Promedio= P	Malo= M	Temperatura en °C	
Propiedades Básicas		FVMQ	VMQ	NR	AEM
Economía del material		M	P	MB	M
Resistencia a la compresión		B	B	MB	B
Resistencia (Rebote)		B	B	MB	B
Resistencia al desgaste		P	M	MB	B
Resistencia al tiempo por calor		MB	MB	P	MB
Resistencia al ozono		MB	MB	M	MB
Resistencia a aceites y grasas		MB	P	M	P
Resistencia a combustibles		B	M	M	M
Resistencia al aumento de agua		MB	MB	MB	B
Impermeabilidad a los gases		M	M	P	B
Resistencia abrasión		M	M	MB	B
Temperatura Alta (Estandar)		204.4	232.2	104.4	148.9
Temperatura Alta (Especial)		-	248.9	-	-
Temperatura Baja (Estandar)		-59.4	-59.4	-51.1	-40
Temperatura Baja (Especial)		-	-	-	-

3.4. ACRÍLICO

El Acrílico es el polímero de metil metacrilato, PMMA. Es un Termoplástico rígido excepcionalmente transparente. En su estado natural es incoloro pero se puede pigmentar para obtener una infinidad de colores. También se puede dejar sin pigmento para producir una lámina completamente transparente. Se produce material en un rango de parámetros de transmisión y difusión de luz, óptimo para diferentes usos. Es inerte a muchas sustancias corrosivas. Su resistencia a la intemperie hace que sea el material idóneo para una variedad de aplicaciones al aire libre. El PMMA normalmente se produce con un agente absorbente de luz ultravioleta para proteger tanto la pigmentación del propio PMMA como objetos que pudieran recibir luz a través de él. [5]

- Densidad y Resistencia al Impacto: La densidad del PMMA es del orden de 1190 kgs/m³, es decir 1.19 gms/cm³. Esto es algo menos de la mitad de la densidad del vidrio, la cual cae dentro del rango de 2400 a 2800 kg/m³. La resistencia al impacto del acrílico estándar es del orden de 15 veces mayor que la del vidrio no templado. El acrílico es más blando que el vidrio. Sin embargo, se le puede aplicar, en el proceso de manufactura, una capa resistente a la abrasión. Raspones superficiales que lleguen a sufrir el material pueden ser eliminados por medio de pulido.[92]

3.5. APLICACIÓN PARA MÓVILES INTELIGENTES

- Android Studio Es un entorno de desarrollo integrado para la plataforma Android, está disponible para desarrolladores para probarlo gratuitamente, dentro de ella se podrá encontrar consejos de optimización, ayuda para la traducción, estadísticas de uso, herramientas Lint para detectar problemas de rendimiento, usabilidad, compatibilidad de versión y otros problemas. [9]
- Xamarin Es una compañía que trabaja con Mono un proyecto de código abierto donde se da la implementación de la plataforma de desarrollo .NET para dispositivos Android, IOS y GNU/Linux. [100]
- Qt Es un framework multiplataforma orientado a objetos, es desarrollada como un software libre y de código abierto, se encuentra disponible para sistemas tipo Unix con el servidor gráfico X Windows System , para Apple Mac Os X, sistemas Microsoft Windows, Linux empotrado, sistemas empotrados como PDA, Smartphone, etc. [70]
- QML Qt Es un módulo que proporciona un marco para el desarrollo de aplicaciones y bibliotecas con el lenguaje QML. Define e implementa la infraestructura de la lengua y el motor y proporciona una API para poder personalizar, extender e integrar código QML con Java Script y C++. Al final proporciona tanto un API QML y una API C++.[70]

3.6. MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN POR BÚSQUEDA HEURÍSTICA

Aunque estos métodos no garantizan que se encuentre una solución, y si esta se encuentra puede que esta no tenga las mejores propiedades. Según Newell Shaw y Simón en 1963 la heurística es "Un proceso que puede resolver un problema dado, pero que no ofrece ninguna garantía de que lo hará, se llama una heurística para ese problema" [52]

Ejemplos de métodos por búsqueda heurística

- Basada en la distancia Manhattan o distancia taxi: Tomando como ejemplo el problema del 8-puzzle, se asocia a cada casilla un número que es la suma de las distancias horizontal y vertical a su posición en el tablero, no importa si estas se encuentran vacías. [52]
- Métodos de escalada: Posee este nombre ya que dentro de él se trata de elegir en cada paso un estado cuyo valor heurístico sea mayor que el del estado actual. Se divide en dos grupo: los métodos irrevocables que no regresan al estado anterior así el camino no resulte el adecuado, y los métodos tentativos en los que si podemos volver al anterior estado si se prevé que el camino elegido no es el más adecuado.[52]
- Problema del viajante: Es una función heurística, consiste en un personaje que desea visitar n ciudades, comenzando y terminando en una misma ciudad y visitando solamente una vez cada ciudad, lo importante de esta función es que se desea tener el mínimo costo en el recorrido, este se puede ver reflejado en el tiempo o la distancia que va a recorrer, elegido como uno de los métodos de planificación como se verá más adelante[52]

3.7. IMU (Unidad de Medición Inercial)

Son dispositivos que integran giroscopios y acelerómetros, la información suministrada por esta es la aceleración lineal y la velocidad angular correspondiente a cada uno de los ejes ortogonales del sistema, con estos datos se puede estimar la posición.

Esta trabaja detectando su propio movimiento y la dirección de dichos movimientos usando una combinación de giroscopios y acelerómetros, que permite realizar un seguimiento de su posición mediante un proceso conocido como cálculos deductivos.

3.7.1. Celulares utilizados como imu

Los dispositivos móviles de última generación ó teléfonos inteligentes ya son considerados como IMUs como la figura 3.3, debido a que vienen con sensores inerciales móviles necesarios para analizar desplazamientos de personas y utilizarlo como un complemento de sistemas de posicionamiento más potentes.

Aunque este no constituirá un sistema de posicionamiento muy exacto, será una herramienta de apoyo que proporcionara el verdadero sistema de posicionamiento absoluto, dando información adicional acerca de la orientación y aceleración del individuo. [55]

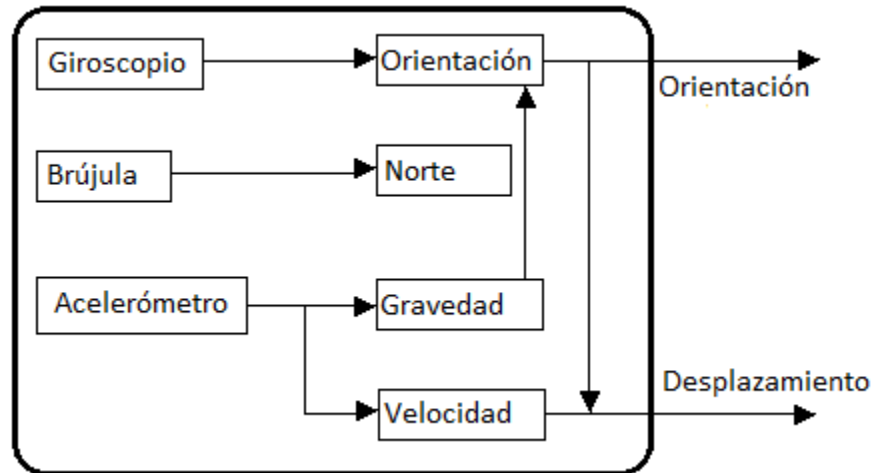


Figura 3.3: Dispositivo móvil como IMU

Acelerómetro Un sensor de aceleración o acelerómetro realizan una medida de aceleración o vibración proporcionando una señal eléctrica según la variación física, la base de su funcionamiento es un condensador que funciona de tal forma que cuando se aplique una fuerza o una aceleración sobre el teléfono, la capacidad del condensador cambiará, se hará mayor o menor en función del movimiento, así es posible que el sensor mida que cantidad de carga eléctrica se ha almacenado y envíe esta información al dispositivo para determinar la fuerza y aceleración a la que ha sido sometido. [27]

Giroscopio Componente electrónico equipado con diferentes elementos figura 3.4:

- Uno o varios brazos en constante vibración.
- Un brazo de detección
- Un estator central fijo al que van conectados los brazos
- Sensor capaz de determinar el movimiento en base a las fuerzas de Coriolis que actúan sobre el conjunto.

La velocidad angular que recibe el giroscopio cuando lo movemos incide sobre los brazos alterando el sentido de la vibración, estos cambios por mínimos que sean pueden detectarse por los sensores traduciendo estos a impulsos eléctricos la rotación en el espacio. [49]



Figura 3.4: Giroscopio

tomada de <https://i0.wp.com/www.trucosgalaxy.net/wp-content/uploads/2017/06/samsung-galaxy-j2-giroscopio-activar.jpg?resize=350%2C200>

Magnetómetro Componente electrónico capaz de medir y cuantificar la cantidad de fuerza magnética de un objeto, en la mayoría de los dispositivos móviles se utiliza como brújula detectando el polo norte magnético. [51]

3.8. ALGORITMOS DE LOCALIZACIÓN

3.8.1. Algoritmo de posición a partir de la aceleración de un objeto

La aceleración se define como la variación de la velocidad respecto al tiempo y esta a su vez, como la variación de la posición respecto al tiempo. Ya que el objetivo es hallar la posición de un objeto a partir de los datos proporcionados por el sensor se debe realizar la integración sobre las aceleración obtenidas suponiendo que las condiciones iniciales son nulas.

$$\vec{v} = \int \vec{a}(t)$$

$$\vec{p} = \int \vec{v}(t)$$

3.8.2. Triangulación con señal WiFi

Este método consiste en determinar la posición de un objeto a partir de la triangulación que es la intersección de las menos tres circunferencias centradas en cada posición fija conocida como se muestra en la figura 3.5. En el caso del WiFi el dispositivo comienza a analizar las distintas señales provenientes de routers o puntos de acceso WiFi, ya sean privados o públicos que hay en la redonda. Luego compara esos valores usando un mapa y base de datos con miles y miles de puntos de acceso. Debido a dichos mapas tienen información muy específica sobre cada uno de esos de acceso, como la intensidad de la señal, pero sobre todo su dirección MAC (que es única para cada router) este sistema puede determinar rápidamente el primer punto de referencia más próximo al dispositivo. [41]

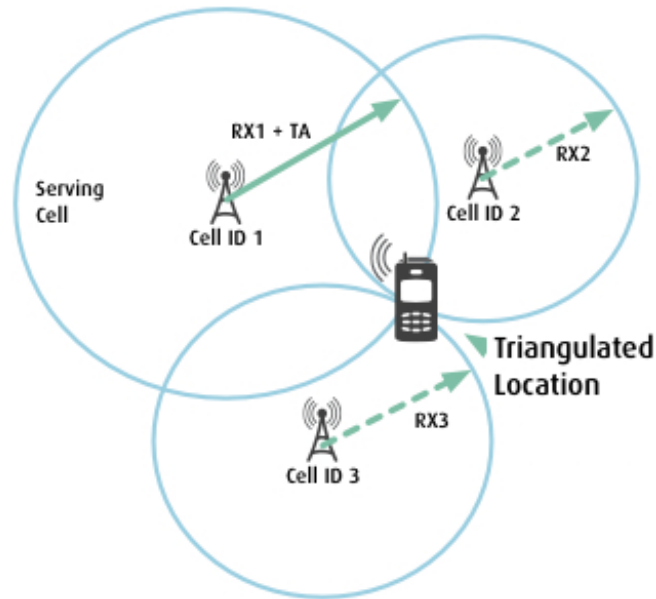


Figura 3.5: Triangulación con WiFi
 tomada de http://www.eliax.com/index.cfm?post_id=9445

3.9. SERVICIOS EN LA NUBE

Servicio que permite a los usuarios guardar información de cualquier tipo como música, vídeos, archivos funciona a través de Internet que alojara estos en servidores dedicados, es decir en equipos que siempre permanecen encendidos las 24 horas del día y los 365 días del año.

Las tecnologías de nube ayudan a que todos los servicios prestados al ordenador se hacen directamente desde Internet, por lo que no se necesitarías instalar los archivos en el ordenador, ya que siempre necesita de Internet es más orientada al uso de equipos pequeños y portátiles.

3.10. PROTOCOLO TCP (PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN)

El fin de TCP es proveer un flujo de bytes confiable de extremo a extremo sobre un internet no confiable. TCP puede adaptarse dinámicamente a las propiedades del internet y manejar fallas de muchas clases. La entidad de transporte de TCP puede estar en un proceso de usuario o en el kernel. Parte un flujo de bytes en trozos y los mande como datagramas de IP. Para obtener servicio de TCP, el emisor y el receptor tienen que crear los puntos terminales de la conexión (los sockets). La dirección de un socket es la dirección de IP del host y un número de 16 bits que es local al host (la puerta). Se identifica una conexión con las direcciones de socket de cada extremo; se puede usar un socket para conexiones múltiples a la vez. Las conexiones de TCP son punto-a-punto y full dúplex. No preservan los límites de mensajes. Cuando una aplicación manda datos a TCP, TCP puede mandarlos inmediatamente o almacenarlos (para acumular más). Una aplicación puede solicitar que TCP manda los datos inmediatamente a través del flag de PUSH (empujar). TCP también apoya

los datos urgentes. TCP manda datos con el flag URGENT inmediatamente. En el destino TCP interrumpe la aplicación (la manda una señal), que permite que la aplicación pueda encontrar los datos urgentes. [85]

- o **Conexión TCP/IP** Es el nombre de un protocolo de conexión de redes. Un protocolo es un conjunto de reglas a las que se tiene que atener todas las compañías y productos de software con el fin de que todos sus productos sean compatibles entre ellos. Estas reglas aseguran que una maquina que ejecuta la versión TCP/IP de Digital Equipment pueda hablar con un PC Compaq que ejecuta TCP/IP. TCP/IP es un protocolo abierto, lo que significa que se publican todos los aspectos concretos del protocolo y cualquiera los puede implementar. Está diseñado para ser un componente de una red, principalmente la parte del software. Todas las partes del protocolo de la familia TCP/IP tienen unas tareas asignadas como enviar correo electrónico, proporcionar un servicio de acceso remoto, transferir ficheros, asignar rutas a los mensajes o gestionar caídas de la red. Una red TCP/IP transfiere datos mediante el ensamblaje de bloque de datos en paquetes. Cada paquete comienza con una cabecera que contiene información de control, tal como la dirección del destino, seguida de los datos. Cuando se envía un archivo a través de una red TCP/IP, su contenido se envía utilizando una serie de paquetes diferentes. [14]

3.11. PROTOCOLO HTTP

El Protocolo de Transferencia de Hipertexto (Hypertext Transfer Protocol) es un sencillo protocolo cliente-servidor que articula los intercambios de información entre los clientes Web y los servidores HTTP. Desde el punto de vista de las comunicaciones, está soportado sobre los servicios de conexión TCP/IP, y funciona de la misma forma que el resto de los servicios comunes de los entornos UNIX: un proceso servidor escucha en un puerto de comunicaciones TCP (por defecto, el 80), y espera las solicitudes de conexión de los clientes Web. Una vez que se establece la conexión, el protocolo TCP se encarga de mantener la comunicación y garantizar un intercambio de datos libre de errores.

HTTP se basa en sencillas operaciones de solicitud/respuesta. Un cliente establece una conexión con un servidor y envía un mensaje con los datos de la solicitud. El servidor responde con un mensaje similar, que contiene el estado de la operación y su posible resultado. Todas las operaciones pueden adjuntar un objeto o recurso sobre el que actúan; cada objeto Web (documento HTML, fichero multimedia o aplicación CGI) es conocido por su URL. [24] . El HTTP facilita la definición de la sintaxis y semántica que utilizan los distintos softwares web - tanto clientes, como servidores y proxis - para interactuar entre sí. [68]

HTTP en REST (Representational State Transfer) Web service que trabaja sobre el servidor Apache y emplea todas sus bondades. Los cuatro métodos principales en el protocolo HTTP que se usan son: GET, POST, PUT y DELETE. REST nos permite crear servicios y aplicaciones que pueden ser usadas por cualquier dispositivo o cliente que entienda HTTP, por lo que es increíblemente más simple y convencional que otras alternativas que se han usado en los últimos diez años como SOAP y XML-RPC. Por lo tanto REST es el tipo de arquitectura más natural y estándar para crear APIs para servicios orientados a Internet. [12]

POST Es probablemente la más poderosa de las cuatro operaciones. Puede hacer cualquier cosa. No hay límites para lo que puede hacer, y como resultado de esto, se debe ser muy cuidadoso al momento de utilizarlo. No se puede hacer un bookmark, no se puede hacer prefetch, no se puede cachear ni se debe hacer nada con POST sin consultar con el usuario. [1]

3.12. CALCULOS DE TRAYECTORIAS

3.12.1. Problema del agente viajero

En el Problema del Agente Viajero - TSP (Travelling Salesman Problem), el objetivo es encontrar un recorrido completo que conecte todos los nodos de una red, visitándolos tan solo una vez y volviendo al punto de partida, y que además minimice la distancia total de la ruta. [42]. De acuerdo con de los Cobos et al, se define el problema del agente viajero, dado un entero $n > 0$ y las distancias entre cada par de las n ciudades, estas distancias se dan por medio de la matriz de dimensiones $n \times n$ donde d_{ij} es un entero mayor o igual a cero. Un recorrido es una trayectoria que visita todas las ciudades exactamente una vez. El problema consiste en encontrar un recorrido con longitud total mínima.[28]

3.12.2. Algoritmo de Dijkstra

El algoritmo de Dijkstra también llamado algoritmo de caminos mínimos determina la ruta más corta desde un nodo origen hacia los demás nodos para ello es requerido como entrada un grafo cuyas aristas posean pesos. [43]

Características del algoritmo [26]

- Es un algoritmo greedy.²
 - Trabaja por etapas, y toma en cada etapa la mejor solución sin considerar consecuencias futuras.
 - El óptimo encontrado en una etapa puede modificarse posteriormente si surge una solución mejor.
- Pasos del algoritmo
- Sea V un conjunto de vértices de un grafo.
 - Sea C una matriz de costos de las aristas del grafo, donde en $C[u, v]$ se almacena el costo de la arista entre u y v .
 - Sea S un conjunto que contendrá los vértices para los cuales ya se tiene determinado el camino mínimo.
 - Sea D un arreglo unidimensional tal que $D[v]$ es el costo del camino mínimo del vértice origen al vértice v .
 - Sea P un arreglo unidimensional tal que $P[v]$ es el vértice predecesor de v en el camino mínimo que se tiene construido.

²Algoritmo voraz que sigue una lógica heurística para elegir la opción óptima en cada paso con la esperanza de llegar a una solución óptima. Utilizado en problemas de optimización.

- o Sea inicial el vértice origen. Recordar que el Algoritmo Dijkstra determina los caminos mínimos que existen partiendo de un vértice origen al resto de los vértices.

1. Inicialización como se muestra en la figura 3.6

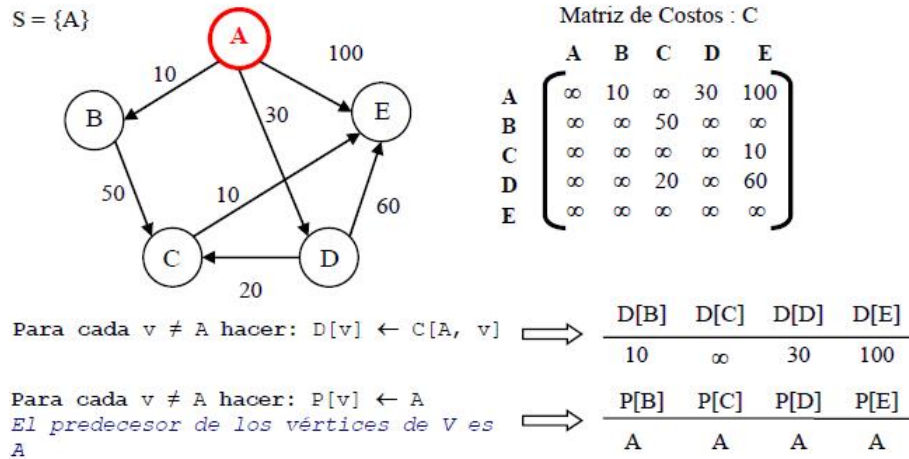


Figura 3.6: Paso 1 Algoritmo Dijkstra tomada de https://www.ecured.cu/Algoritmo_de_Dijkstra

- Elegir un vértice $w \in V - A \mid D[w] = \min$ y agregar w al conjunto solución S .
- Cada $v \in C, D, E$ hacer $D[v] \leftarrow \min(D[v], D[w] + C[w, v])$ figura 3.7

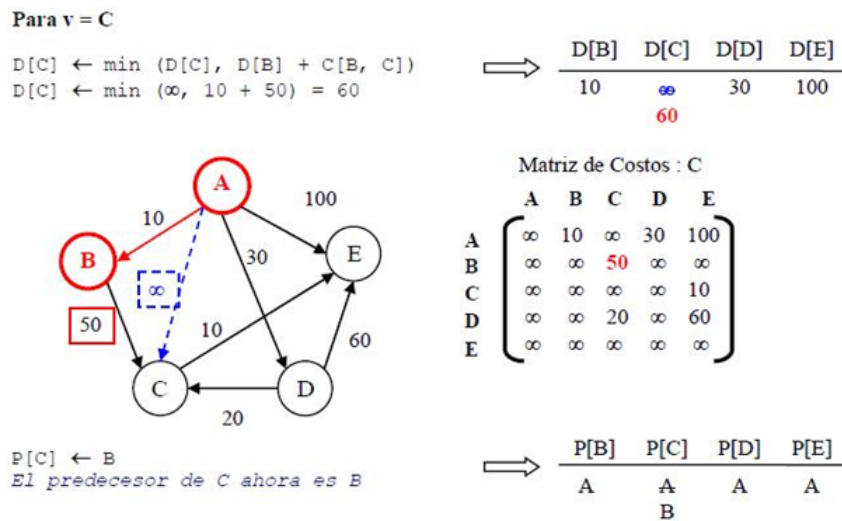


Figura 3.7: Paso 3 Algoritmo Dijkstra tomada de https://www.ecured.cu/Algoritmo_de_Dijkstra

- Elegir un vértice $w \in V - A, B \mid D[w] = \min$, y agregar m al conjunto solución S ,
- Para cada $v \in C, E$ hacer $D[v] \leftarrow \min(D[v], D[w] + C[w, v])$.

6. Elegir un vértice $w \in V - A, B, D | D[w] = \min$ y agregar w al conjunto solución S .
7. Para cada $v \in E$ hacer $D[v] \leftarrow \min(D[v], D[w] + C[w, v])$. Figura 3.8

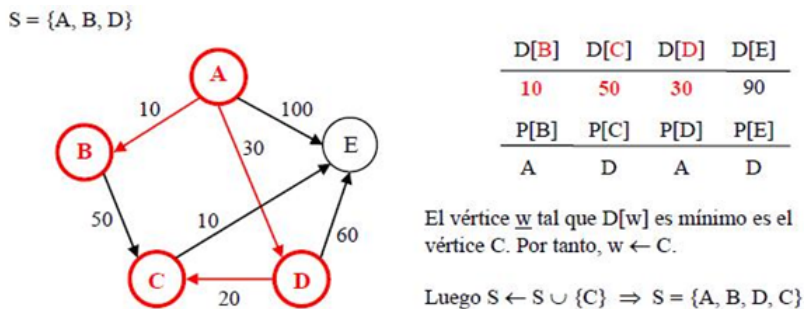


Figura 3.8: Paso 7 Algoritmo Dijkstra
 tomada de https://www.ecured.cu/Algoritmo_de_Dijkstra

8. Elegir un vértice $w \in V - A, B, D, C | D[w] = \min$ y agregar w al conjunto solución S .

Final procesamiento Algoritmo

Luego del paso 8 tenemos la siguiente situación:

El conjunto de vértices $V = A, B, C, D, E$

El conjunto de vértices para los que ya se determinó el camino mínimo $S = A, B, D, C, E$

Por lo que como $V - S = \emptyset$ se termina el algoritmo, pues para cada nodo del grafo se ha determinado cuál es su camino mínimo. Como resultado de la ejecución del algoritmo tenemos la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Resultado algoritmo Dijkstra[26]

D[B]	D[C]	D[D]	D[E]	P[B]	P[C]	P[D]	P[E]
10	50	30	60	A	D	A	C

Al finalizar la ejecución del algoritmo Dijkstra, en el arreglo D quedan almacenados los costos de los caminos mínimos que parten del vértice origen al resto de los vértices. Por tanto, en nuestro ejemplo, el camino mínimo de A hacia B tiene costo 10, el camino mínimo de A hacia C tiene costo 50, el camino mínimo de A hacia D tiene costo 30 y el camino mínimo de A hacia E tiene costo 60.

Veamos cómo se pueden obtener los caminos mínimos a partir del arreglo de predecesores. Los caminos se reconstruyen partiendo del vértice destino hasta llegar al vértice origen.

Camino $\min(A, B) = AB$ ya que $P[B] = A$

Camino $\min(A, C) = ADC$ ya que $P[C] = D$ y $P[D] = A$

Camino $\min(A, D) = AD$ ya que $P[D] = A$

Camino $\min(A, E) = ADCE$ ya que $P[E] = C$, $P[C] = D$ y $P[D] = A$

Finalmente, el camino mínimo que incluye todos los vértices del grafo es ADCE.

3.12.3. Filtro de Kalman

El filtro de Kalman es una herramienta matemática para estimar el estado de un sistema dinámico ruidoso usando mediciones ruidosas, relacionadas con el estado. Figura 3.9.

Ha demostrado ser robusto y bastante preciso, aunque estos no soportan correctamente los modelos de movimiento y medida no lineales y no gaussianos.

Trabaja por medio de un mecanismo de predicción y de corrección, en si este algoritmo pronostica el nuevo estado a partir de su estimación previa añadiendo un termino de corrección proporcional al error de predicción de tal manera que este último es minimizado estadísticamente. Para la actualización del tiempo se usan las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}\hat{x}_k &= A\hat{x}_{k-1} + Bu_k \\ P_{k-} &= AP_{k-1}A^T + Q\end{aligned}$$

Mientras las ecuaciones de corrección sirven de retroalimentación, incorporan nueva información a partir de las mediciones del sensor, con el objetivo de conseguir una mejor estimación final. Por lo que se calcula la ganancia de Kalman K_k de modo que minimice la covarianza del error. Después se toma una medida del proceso Z_k para calcular el estado \hat{x}_k . [95]

$$\begin{aligned}K_k &= P_{k-}H^T(HP_{k-}H^T + R)^{-1} \\ \hat{x}_k &= \hat{x}_{k-} + K_k(z_k - H\hat{x}_{k-}) \\ P_k &= (I - K_kH)P_{k-}\end{aligned}$$

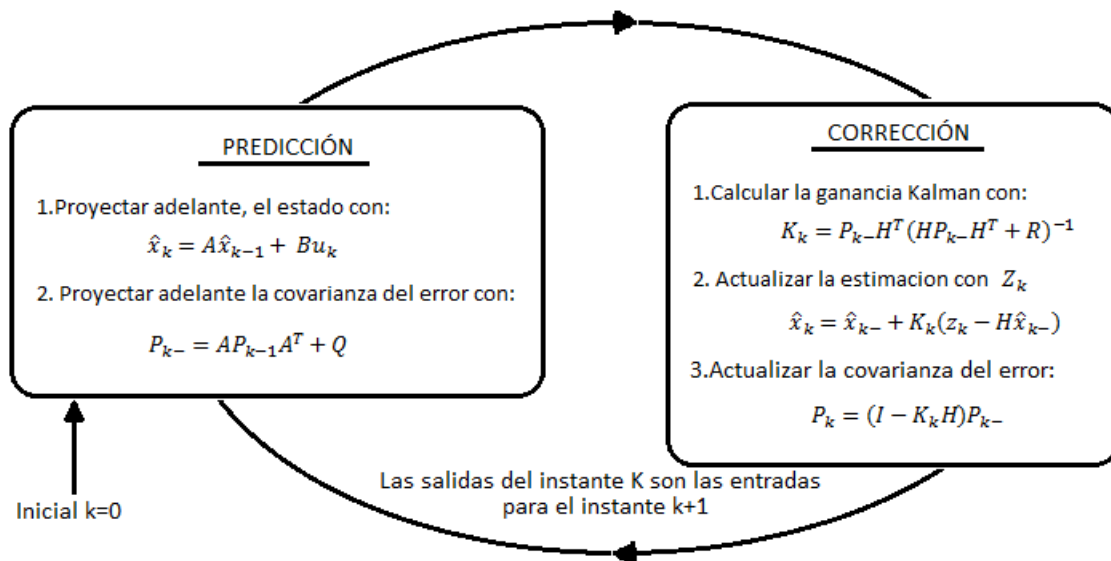


Figura 3.9: Proceso Filtro Kalman

Capítulo 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA Y ESTUDIO ECONÓMICO

4.1. COSTOS INICIALES

- Los valores dados en la tabla 4.1 fueron tomados o cotizados por medio internet, los programas B4A, App inventor, In Design C56, Qt y Android Studio pueden ser descargados en la página oficial de cada uno de ellos.
- El valor del paquete de 50 NFC NTAG216 fue tomado de AliExpress¹
- El valor de una etiqueta NFC NTAG216 fue tomado de Mercado Libre Colombia.²
- Mono para Android posee un versión de prueba gratuita, el valor dado es una aproximación del programa profesional que incluye herramientas y servicios más avanzados.
- Live Code con prueba gratuita por 10 días, después de esto el valor mensual será el mostrado en el cuadro 4.1
- Diseño 3D cotizado en Kondoro impresión 3D y fabricación digital online.

¹<https://es.aliexpress.com/item/50pcs-NFC-Ntag216-better-than-Ntag215-for-Amiibo-888-Bytes-Tag-Sticker-Label-Key-Tags-Token/32802267884.html>

²<https://es.aliexpress.com/item/50pcs-NFC-Ntag216-better-than-Ntag215-for-Amiibo-888-Bytes-Tag-Sticker-Label-Key-Tags-Token/32802267884.html>

Tabla 4.1: Costos iniciales

Producto	Precio(Peso Colombiano)
Paquete de 50 NFC NTAG216	18.68 USD
Etiqueta NFC NTAG216 adhesiva	6.500
NFC	35.000
B4A	Gratuita x30 días
Mono para Android	1'028.350
App inventor	Gratuita
LiveCode	255.155
In Design C56	Gratuita
Android Studio	Gratuita
Software Qt	Versión Gratuita
Diseño impresión 3D	115 x minuto – 300 para ABS y PLA

4.1.1. Chip NFC referencia NTAG216



Figura 4.1: NTAG216

tomada de http://www.nxp.com/documents/data_sheet/NTAG213_215_216.pdf

El chip NFC NTAG216 reemplazara al NTAG213 figura 4.1 en el mercado, teniendo como mejoras su capacidad de memoria principal, como también la velocidad al momento de transferencia de datos, aunque tiene un precio más elevado este es el elegido dentro de nuestro diseño, por su gran cantidad de memoria, la compatibilidad universal que tiene y el nivel alto que maneja en el ScanStrength 8.[2]

- Diagrama de Bloque Chip NFC NTAG216. Figura 4.2

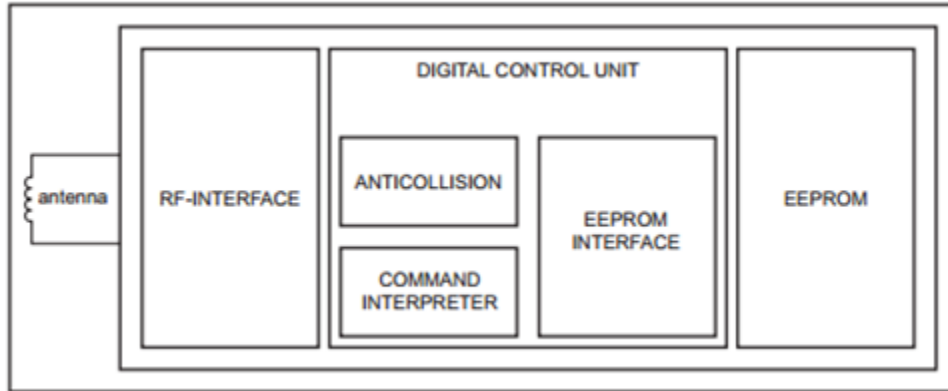


Figura 4.2: Diagrama de bloque
 tomada de tomada de http://www.nxp.com/documents/data_sheet/NTAG213_215_216.pdf

o Diagrama de comunicación chip NFC NTAG215. Figura 4.3.

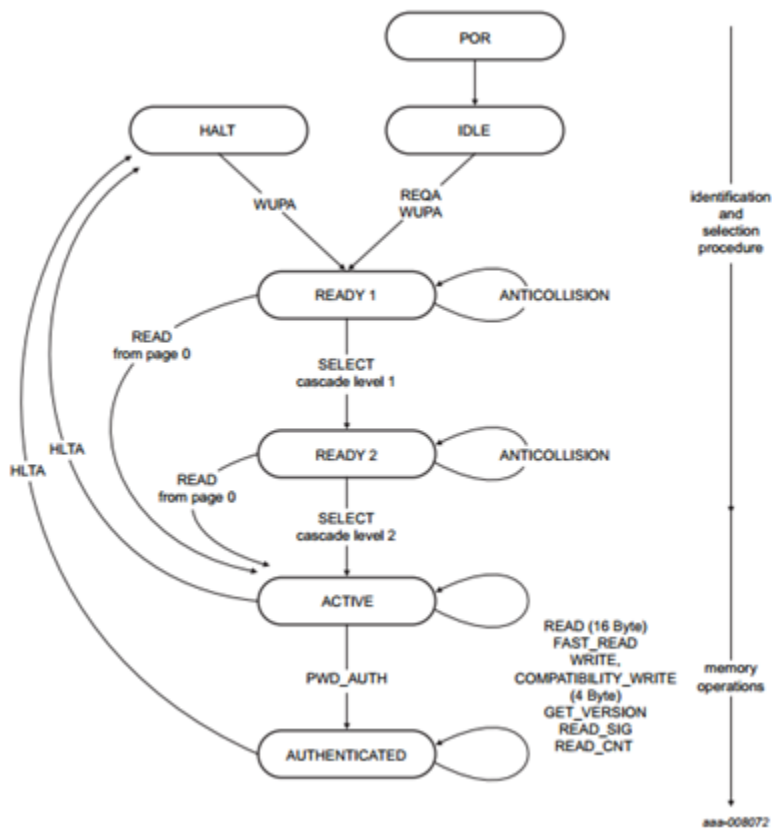


Figura 4.3: Diagrama de comunicación
 tomado de tomada de http://www.nxp.com/documents/data_sheet/NTAG213_215_216.pdf

4.2. ELECCIÓN DE MATERIAL

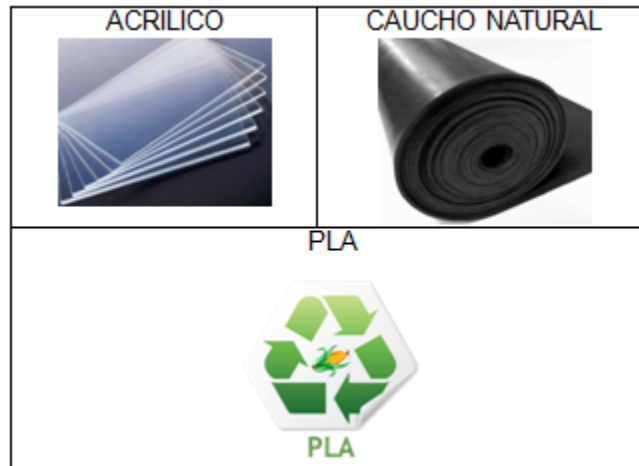


Figura 4.4: Materiales seleccionados

1. La primera opción viable para el diseño del dispositivo es el Rubber o Caucho Natural, figura 4.4³ que presenta las propiedades necesarias, posee una buena resistencia a la abrasión y buenas propiedades de la superficie de fricción como se ve en la figura 4.5, trabaja a temperaturas de máximo 104°C y posee buenas características de amortiguación de vibraciones, aunque la principal desventaja con la que cuenta es la poca resistencia a UV y al ozono, la cual puede ser ignorada ya que el dispositivo será diseñado para recintos cerrados. Las siguientes tablas, fueron de tomadas de referencia para la elección del material.

³Figura tomada de https://www.unimat.com.mx/mat/wp-content/uploads/2013/09/hule_faldon.jpg

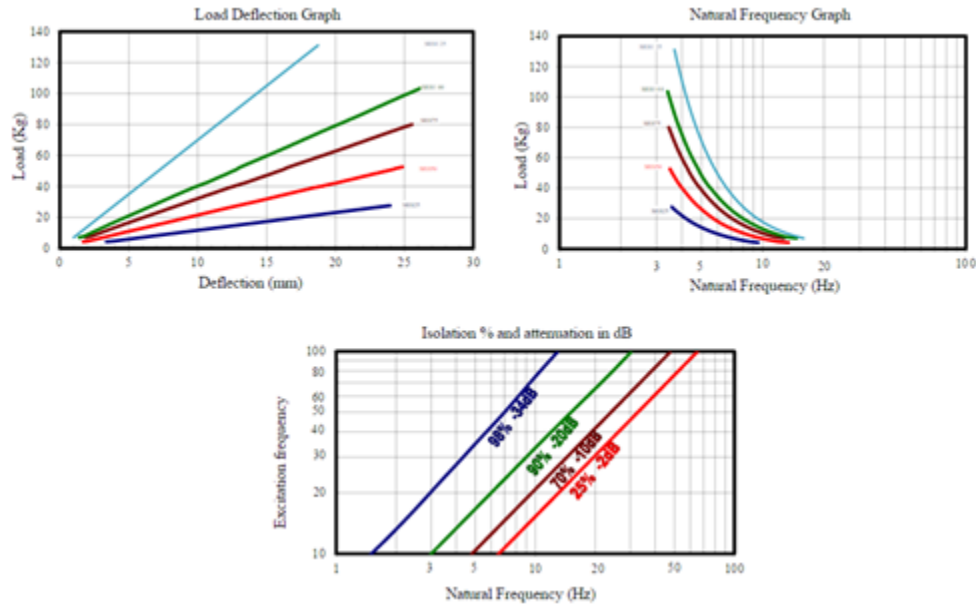


Figura 4.5: Características del Rubber
 tomado de <https://www.mecanocaucho.com/es/productos/soporte-de-techo/SOPORTES-DE-TECHO-Amortiguadores-Spring-Rubber/>

[82]

- Como segunda opción se tiene el Acrílico figura 4.4⁴, que ofrece una resistencia a la intemperie que no posee ningún otro material plástico, resiste la exposición a radiación solar intensa, al frío intenso, a cambios súbitos de temperatura, a la brisa salada y a otras condiciones meteorológicas. Es una materia cuyas cualidades estéticas y funcionales permanecen intactas durante muchos años de servicio. Es un excelente aislante eléctrico con una constante dieléctrica elevada, sin embargo, causa una carga estática en la superficie de la lámina la cual atrae partículas de polvo y pelusa. Posee una resistencia al impacto estándar del orden de 15 veces mayor que el del vidrio templado y una densidad del orden de 1190 kgs/m³ algo menos de la mitad de la densidad del vidrio. [92]
- La tercera opción viable se escoge el materia PLA figura 4.4⁵, este es un polímero permanente e inodoro, resistente a la humedad y a la grasa, es estable a la luz U.V, dando como resultado un color duradero, sus dos mayores ventajas sobre otros materiales como el ABS son: no emisión de gases nocivos y un rango más amplio de colores, aunque no resiste temperaturas altas (50°-60°). [17]

4.3. DISEÑO PROTOTIPO CAD

El primer diseño figura 4.6 consta de

- o Pantalla LCD gráfica

⁴Figura tomada de , https://www.unimat.com.mx/mat/wp-content/uploads/2013/09/hule_faldon.jpg

⁵figura tomada de <http://www.rllamination.ca/res/uploads/webist/0/2/5282/res/14750/symbols-pla.png?1>

- Chip NFC NTAG213
- Mini-Arduino Pro

Esta diseñado en aluminio, dentro de este se encuentra unas paredes en acrílico para proteger el circuito, en el exterior estará reforzado con caucho natural para brindar seguridad al dispositivo.



Figura 4.6: Primer diseño

El segundo diseño figura 4.7 consta de

- Chip NFC NTAG213

Esta diseñado en aluminio, dentro de este se encuentra unas paredes en acrílico para proteger el chip, en el exterior estará reforzado con caucho natural para brindar seguridad al dispositivo.

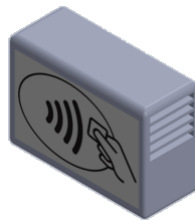


Figura 4.7: Segundo diseño

El tercer diseño figura 4.8 consta de

- Pantalla LCD
- Chip NFC NTAG213
- Mini-Arduino Pro

Esta diseñado en aluminio, dentro de este se encuentra unas paredes en acrílico para proteger el circuito, en el exterior estará reforzado con caucho natural para brindar seguridad al dispositivo.



Figura 4.8: Tercer diseño

El cuarto diseño figura 4.9 consta de

- Chip NFC NTAG213

Esta diseñado en aluminio azul, dentro de este se encuentra unas paredes en acrílico para proteger el circuito, en el exterior estará reforzado con caucho natural para brindar seguridad al dispositivo. Se le da una forma octagonal para hacer el diseño más ameno al ambiente.

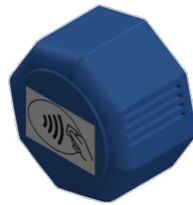


Figura 4.9: Cuarto diseño

El quinto diseño figura 4.10 consta de

- Chip NFC NTAG213

Este diseño será realizado en impresión 3D, donde el material utilizado será ABS con una densidad de 5 %, este posee la forma hexagonal del cuarto diseño con la diferencia que este es realizado en un material distinto y con un diseño en la cara frontal distinto.



Figura 4.10: Quinto diseño

4.4. COSTOS FINALES

- Chip NFC NTAG216 con recubrimiento comprado por medio de mercado libre Colombia.

- Software Qt descargado de la página oficial ⁶
- Diseño impresión 3D realizado con la empresa Kondoro a 200 micras y 20% de densidad en PLA negro.

Tabla 4.2: Costos finales

Producto	Precio(Peso Colombiano)
NFC	35.000
Software Qt	Versión Gratuita
Diseño impresión 3D prototipo	60.000

Los elementos, software y material utilizado al final como se muestra en la tabla 4.2 fueron cuidadosamente escogidos, el chip NFC aunque no es el mas económico de los cotizados es aquel que nos ofrece todas las características requeridas en el diseño. El software Qt al tener una versión gratuita para desarrollo de los estudiantes cuenta con todas las herramientas requeridas para la realización de la App, por último el diseño realizado en impresión 3D nos dio la opción de realizar el prototipo en una forma hexagonal a un costo menor a los otros materiales.

4.5. MATERIAL Y DISEÑO FINAL

Se tiene como elección final el quinto diseño figura 4.10 utilizando como material PLA negro de densidad 20%.



Figura 4.11: Tapa delantera diseño final



Figura 4.12: Interior diseño final

⁶<https://www.qt.io/download/>

Capítulo 5

DESARROLLO SOFTWARE LOCALIZACIÓN

5.1. LOCALIZACIÓN INDOOR (IMU)

En principio se optó por realizar el seguimiento y localización del móvil por medio de las redes WiFi y el GPS. Se realizaron pruebas con las dos opciones consiguiendo datos de desplazamientos poco confiables, por lo tanto se llega a la conclusión de que estas redes no son las adecuadas para realizar el desarrollo del software del dispositivo.

Realizando una búsqueda bibliográfica se llegó al tema de la IMU (unidad de medida inercial) con esta idea en mente se realizaron varios pasos y pruebas:

- Extraer la información de los sensores necesarios del móvil para realizar una IMU, como acelerómetro, giroscopio y brújula.
- Extraer el valor de las aceleraciones para realizar el cálculo de velocidad y posteriormente de desplazamiento. Como se ve de la figura 5.1 a la figura 5.3.

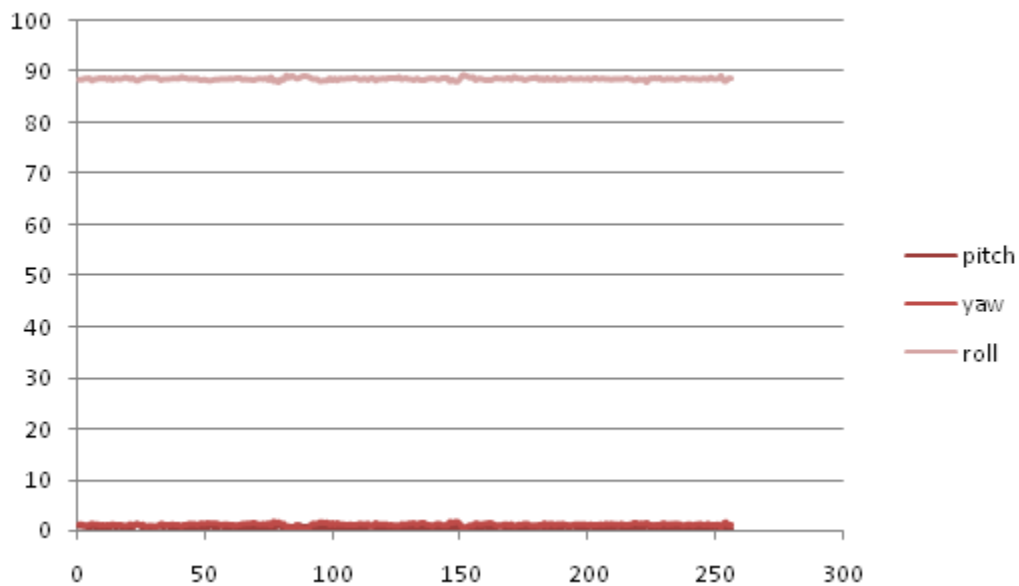


Figura 5.1: Muestras celular posición XY

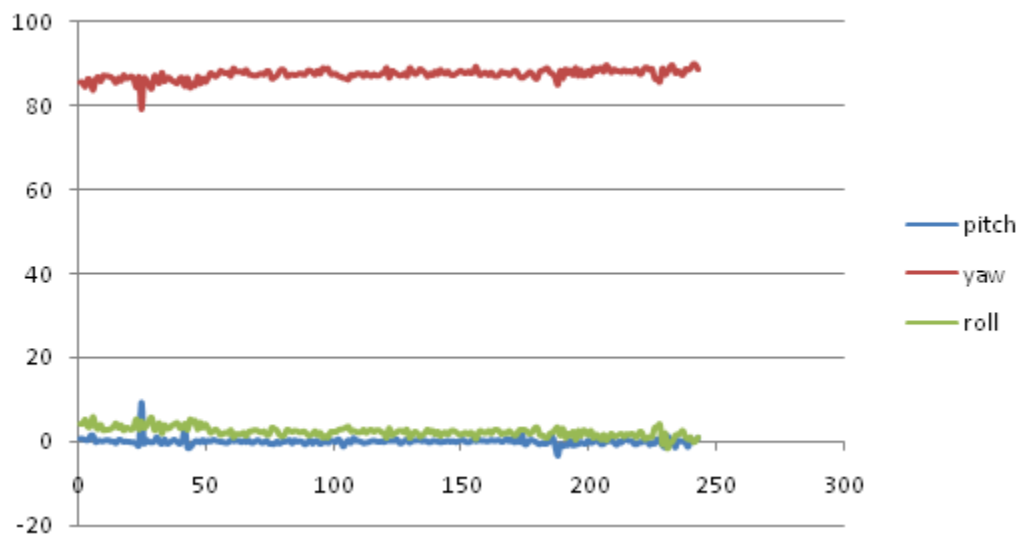


Figura 5.2: Muestras celular posición YZ

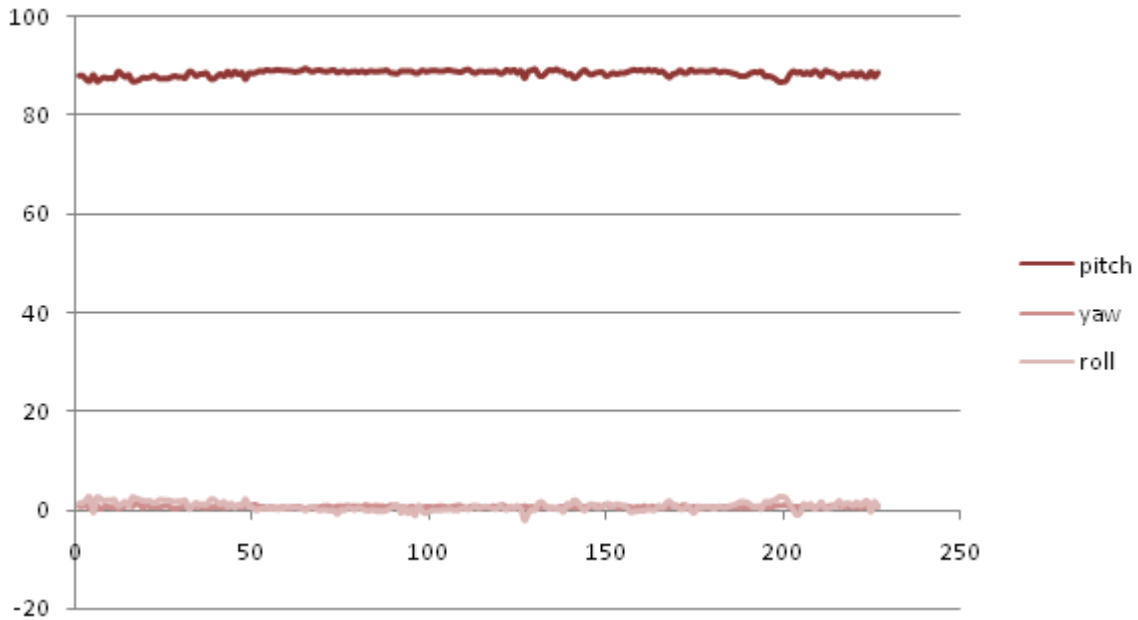


Figura 5.3: Muestras celular posición XZ

5.1.1. Conclusión de la prueba

Con los resultados obtenidos de la anterior prueba, se concluye que con solo los datos obtenidos por los sensores es imposible realizar el cálculo correcto de desplazamiento del móvil ya que cada valor de la gravedad posee un error en cada una de sus lecturas por lo que afecta enormemente al cálculo de velocidad y por lo tanto de posición del móvil, dando como resultado un desplazamiento en constante aumento aunque el móvil se encuentre en reposo.

5.2. MATRIZ DE ROTACIÓN

Se plantea como solución una matriz de rotación para cancelar el valor de la gravedad en cualquiera de los vectores o ángulos del móvil:

- Se toman muestras de los ángulo en estado estacionario, colocando el móvil en los tres estados presentados en la figura5.4



Figura 5.4: Posiciones celular para pruebas

Las muestras obtenidas de la prueba se exponen en las gráficas (5.1 a 5.3), donde se observa el comportamiento de los ángulos de vuelo del móvil y el valor de la gravedad presente en cada una de las posiciones, a partir de estos nos planteamos la matriz de rotación con los ángulos de Euler.

$$\begin{bmatrix} C\phi C\theta C\psi - S\phi S\psi & -C\phi C\theta S\psi - S\phi C\psi & C\phi S\theta \\ S\phi C\theta C\psi + C\phi S\psi & -S\phi C\theta S\psi + C\phi C\psi & S\phi S\theta \\ -S\theta C\psi & S\theta S\psi & C\theta \end{bmatrix}$$

Matriz de rotación ángulos de Euler ZYZ

Para realizar pruebas con los sensores inerciales de cada celular, se desarrollo una App en QML de Qt, en la pantalla principal se puede encontrar 5 opciones, esta App solo se realizo con el fin de ver el comportamiento de los sensores y la utilidad de la matriz de rotación para el cálculo de aceleración inercial como se puede observar en el algoritmo 5.2.



Figura 5.5: App Qt

5.3. CALIBRACIÓN LINEAL

5.6

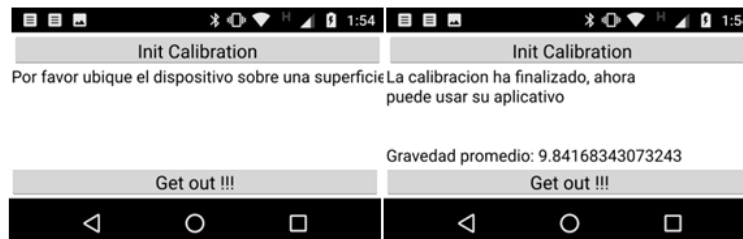


Figura 5.6: Calibración lineal Qt

5.3.1. Conclusiones de la prueba

- Se debe delimitar el problema dándole al usuario solo un rango de trabajo o de visualización.
- Realizando una calibración inicial al celular no nos garantiza que los sensores estén realmente en calibrados, ya que en cada prueba se observan unos grados de error significativos para los cálculos a realizar.
- Se observa que los sensores principalmente el acelerómetro es demasiado sensible a ruidos, por lo que es necesario implementar filtros como un filtro Kalman para suavizar la señal y lograr mejores resultados.
- Dados los errores presentados en la obtención de las señales el cálculo de distancia se ve totalmente erróneo, ya que en el cálculo se suman todos los pequeños movimientos que presenta el acelerómetro dando como resultado un valor de desplazamiento ilógico cuando el móvil esta en reposo.

5.4. FILTRO DE KALMAN Y CALIBRACIÓN DEL ACELEROMETRO

Para la adquisición y el análisis de los datos se va a utilizar el teléfono móvil SONY C1904, este dispositivo cuenta con un acelerómetro necesario para la realización de las siguientes pruebas. Concretamente se han realizado 5 estudios con el celular estático y en las tres posiciones mostradas en la imagen 4, las pruebas se realizaron 10 veces para cada una de las posiciones tomando una cantidad de 1000 muestras por toma.

- Plotear las señales en cada una de las posiciones
- Plotear los histogramas de las señales y gráfica de Gauss
- Verificar que se comporten bajo una distribución normal ya que esta permite el filtrado con Kalman
- Tomar magnitud de las aceleraciones las cuales deberían coincidir con la gravedad en cualquiera de las posiciones

- Comparar magnitudes de la aceleración en las diferentes posiciones
- Ver histogramas para ver las variaciones existentes al colocar el dispositivo en cualquier posición.

Para esto se utilizaron las siguientes formulas de probabilidad dentro de Matlab siendo están el orden mostrado para cada posición

1. Adquisición de la señal

```
movil= movil.sensor_data ;
```

mostrada en las figuras (5.7,5.11,5.15,5.20,5.24,5.28,5.33,5.37,5.41,5.46,5.50,5.54,5.59,5.63,5.67).

2. Desviación estándar $desviacione = \sqrt{\frac{1}{n}\sum(x_i - \tilde{x})^2}$

mostrado en las figuras (5.8,5.12,5.16,5.21,5.25,5.29,5.34,5.38,5.42,5.47,5.51,5.55,5.60,5.64,5.68).

3. Media de la aceleración $media = \sum x_i f(x_i)$ siendo x_i las muestras obtenidas de la distribucion dada por el sensor,

mostrado en las figuras (5.9,5.13,5.17,5.22,5.26,5.30,5.35,5.39,5.43,5.48,5.52,5.56,5.61,5.65,5.69)

4. Distribución normal $n(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}[\frac{x-\mu}{\sigma}]^2} - \infty < x < \infty$ $\left\{ \begin{array}{l} \pi = 3,14159... \\ \theta = 2,71828... \end{array} \right.$ mostrado en las figuras (5.10,5.14,5.18,5.23,5.27,5.31,5.36,5.44,5.49,5.53,5.57,5.62,5.66,5.70,)

5.4.1. Señales celular Sony C1904 en reposo

POSICIÓN XY

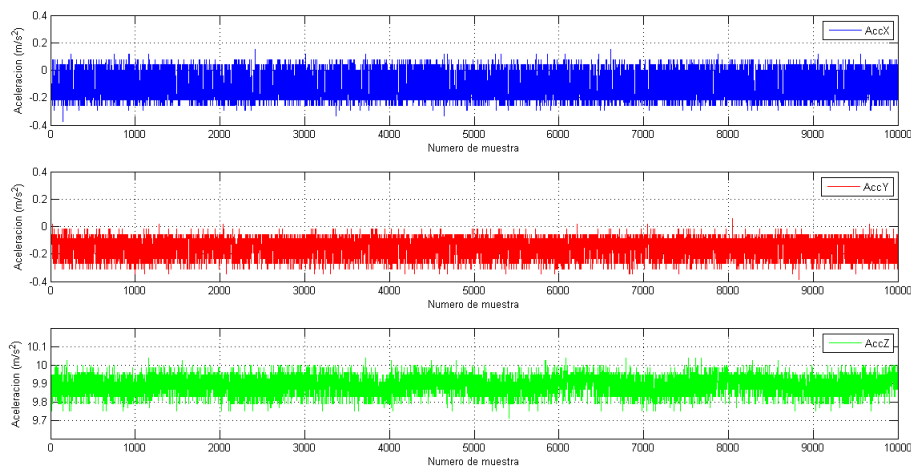


Figura 5.7: Señales acelerómetro posición XY

1.

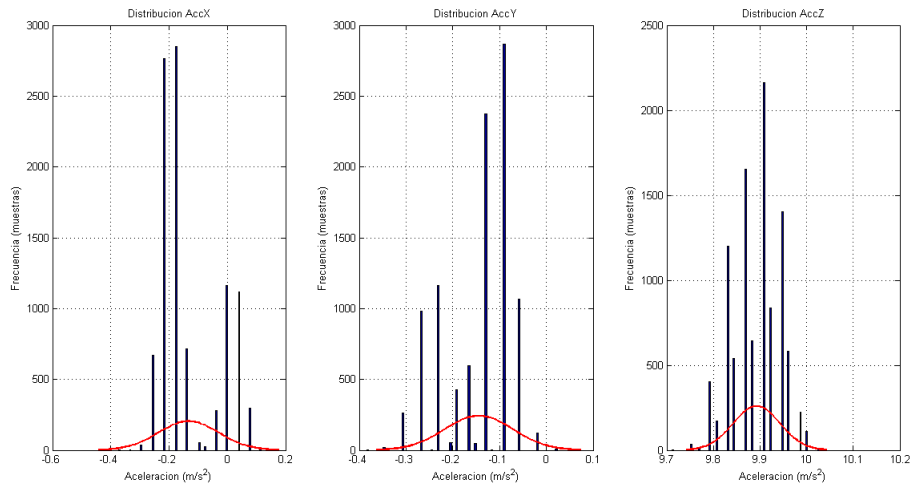


Figura 5.8: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY

2.

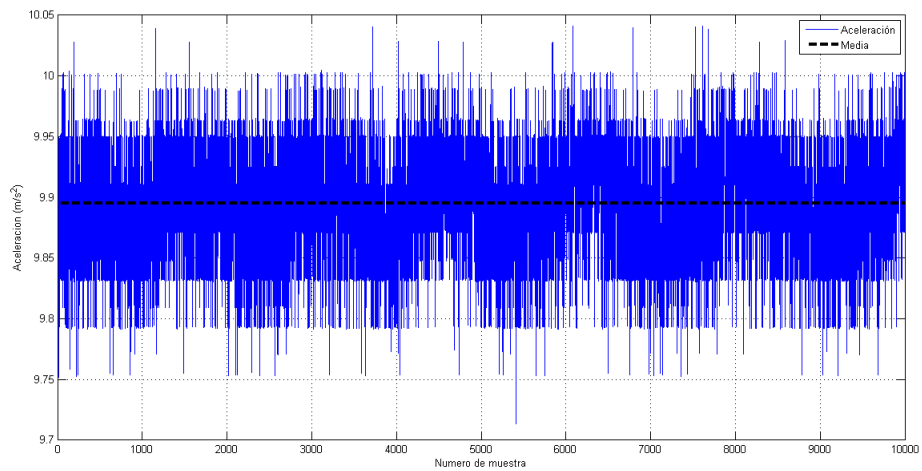


Figura 5.9: Media aceleración en Z posición XY

3.

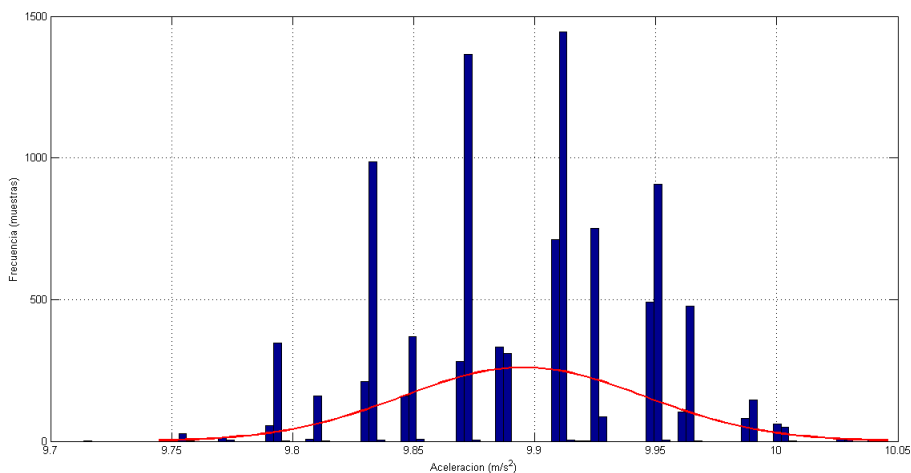


Figura 5.10: Histograma aceleración posición XY

4.

POSICIÓN XZ

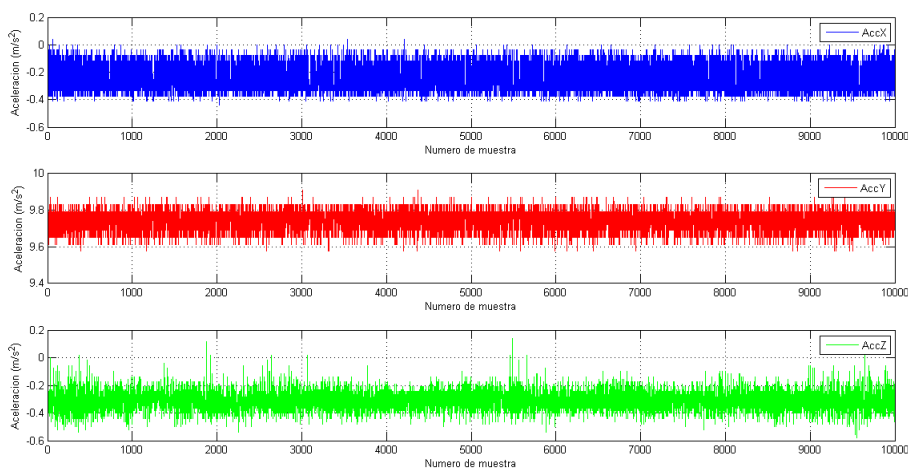


Figura 5.11: Señales acelerómetro posición XZ

1.

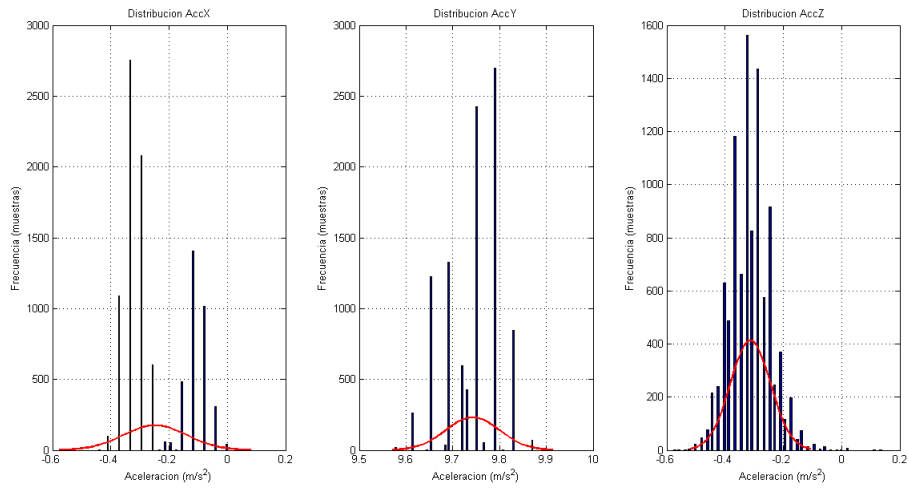


Figura 5.12: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ

2.

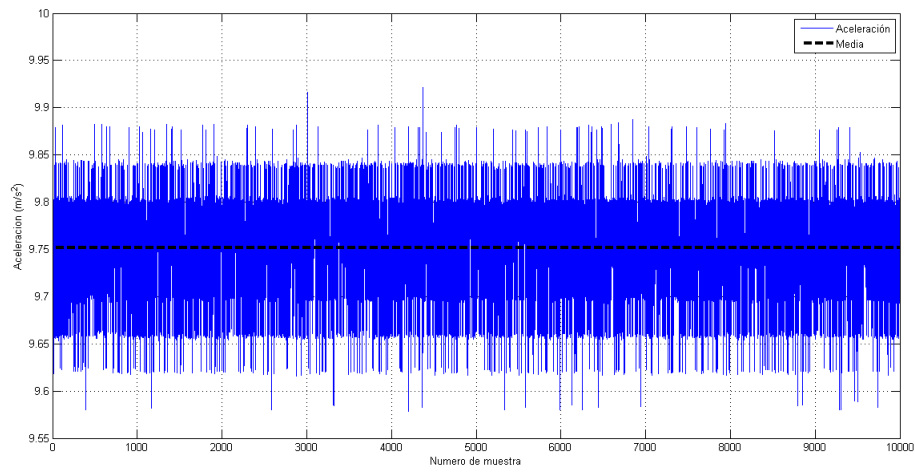


Figura 5.13: Gráfica media aceleración enZ posición YZ

3.

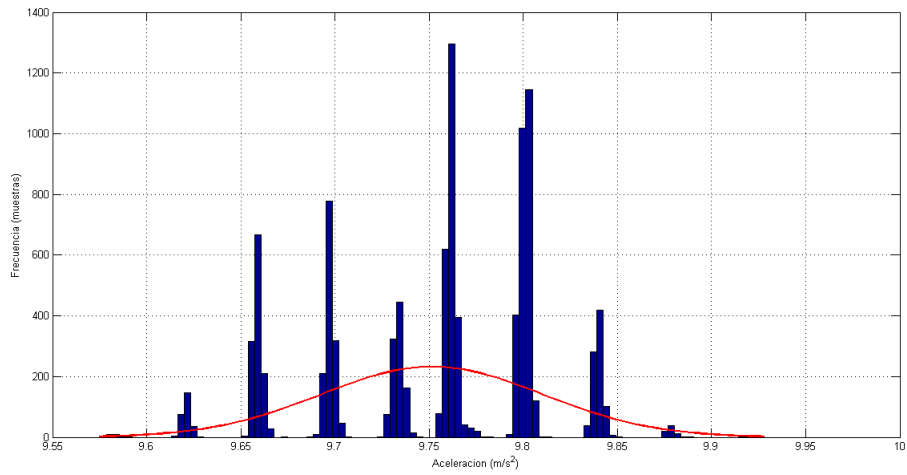


Figura 5.14: Histograma aceleración posición XZ

4.

POSICIÓN YZ

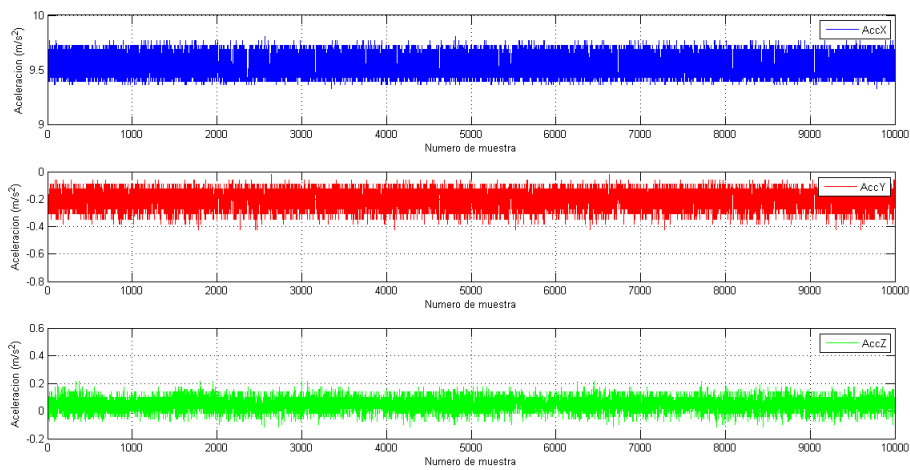


Figura 5.15: Señales acelerómetro posición YZ

1.

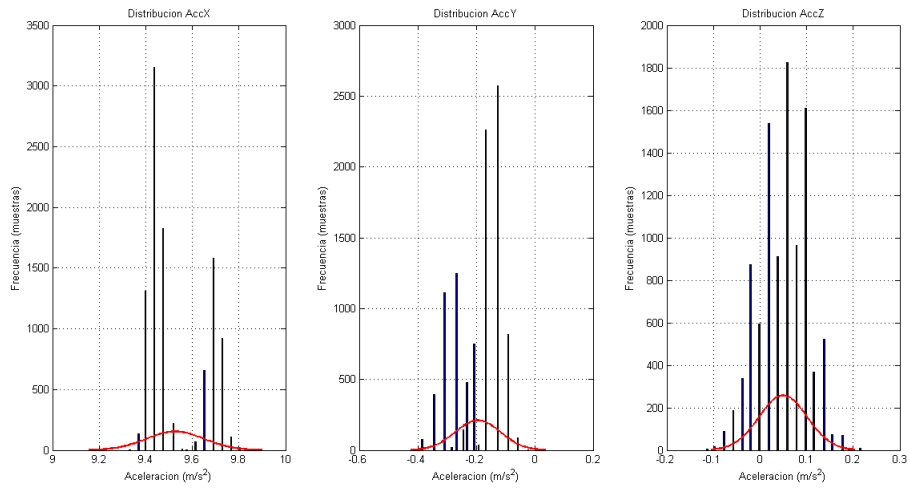


Figura 5.16: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ

2.

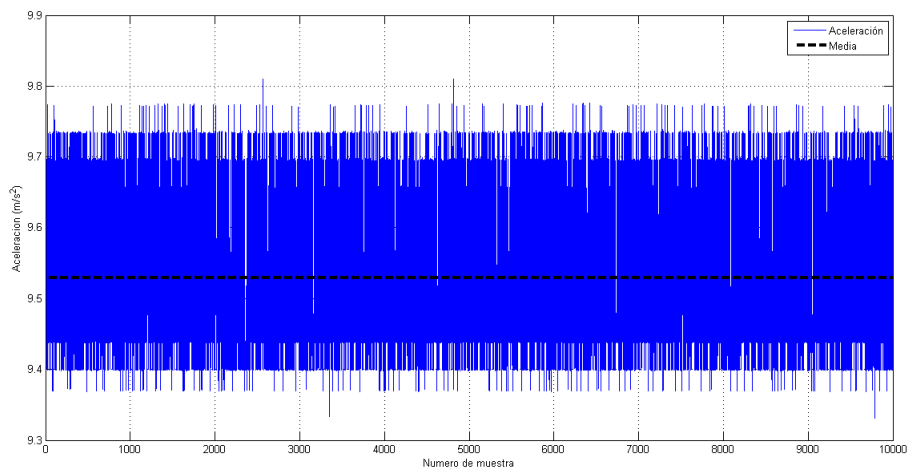


Figura 5.17: Gráfica media aceleración en Z posición XZ

3.

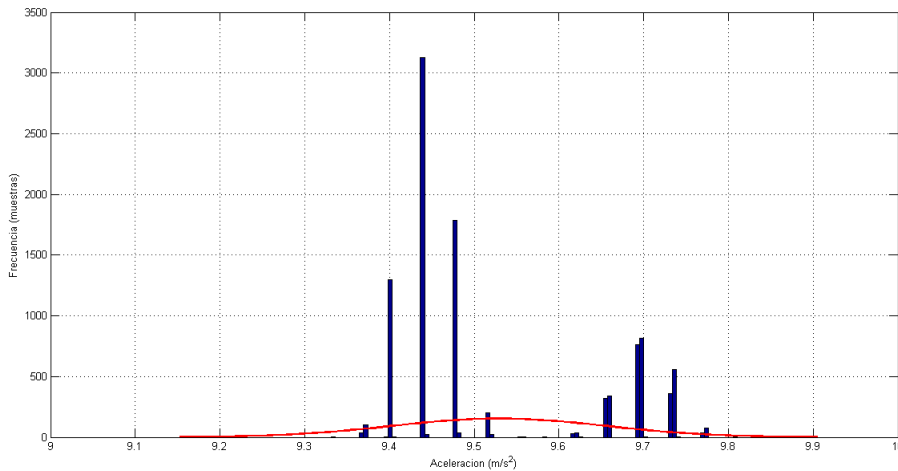


Figura 5.18: Histograma aceleración posición YZ

4.

MAGNITUD DE LA ACELERACIÓN

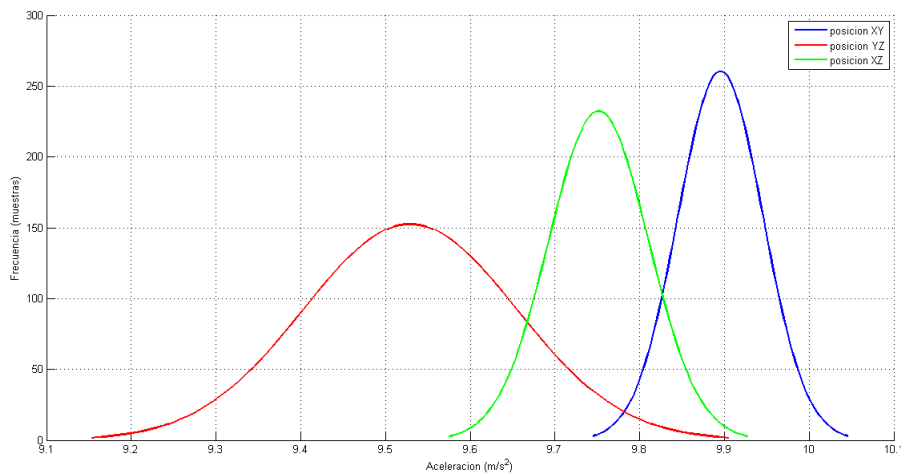


Figura 5.19: Histograma magnitud aceleración

5.4.1.1. ANÁLISIS

- Al plotear las señales se puede ver que en las posiciones fijas los sensores muestran en cada uno de los ejes una desviación aparente del valor esperado, esto se puede deber a un mal posicionamiento del sensor en la placa del dispositivo, algún error derivado de la toma de muestras o un desfase en la calibración del sensor. Adicionalmente se ve que cada eje del sensor tienen sensibilidades diferentes lo cual se ve ampliamente reflejado en las medidas de la varianza en cada uno de las posiciones.

- Los histogramas muestran que el sensor entrega muestras que se pueden relacionar a una distribución normal, por lo que los valores tienen una alta probabilidad de ser entregados respecto a un valor central. Además pueden ser filtrados en caso de ser necesario mediante Kalman.
- Se esperaba que las magnitudes de las aceleraciones en cualquiera de sus posiciones coincidiera con la gravedad de la tierra ya que en la prueba la única fuerza que estaba actuando era esta, se ve que aunque los valores obtenidos están muy cerca del valor esperado, ninguna de ellas coincide entre sí, además presentan diferencias bastante significativas una de la otra, por lo que no se puede confiar absolutamente en alguna de ellas.
- Los histogramas muestran como en la figura 5.19 además de la diferencia presentada entre las señales un cambio significativo en las varianzas de cada uno de las posiciones, lo cual hace las señales de los sensores susceptibles a ser FILTRADAS y RE CALIBRADAS.

5.4.2. Señales celular Sony C1904 con Filtro Kalman

POSICIÓN XY

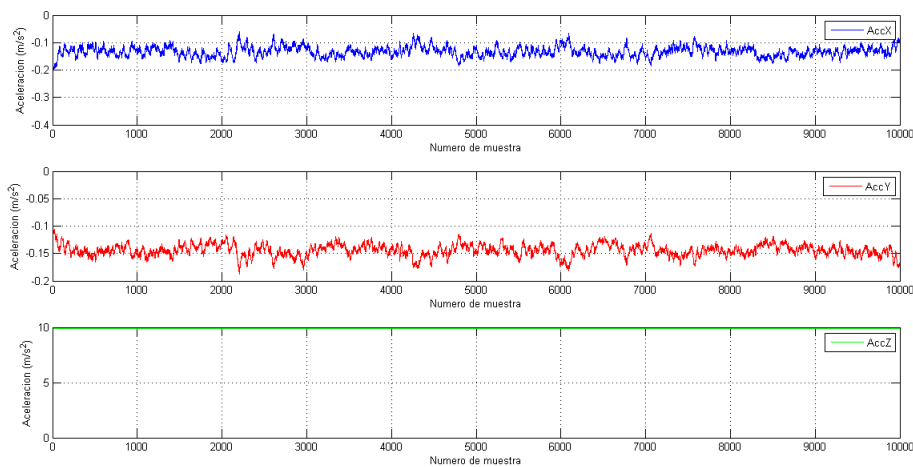


Figura 5.20: Señales acelerómetro posición XY

1.

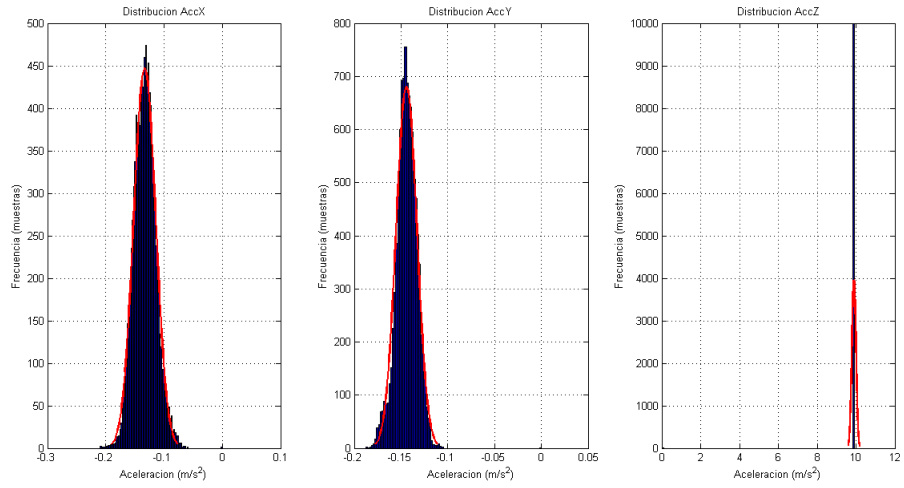


Figura 5.21: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY

2.

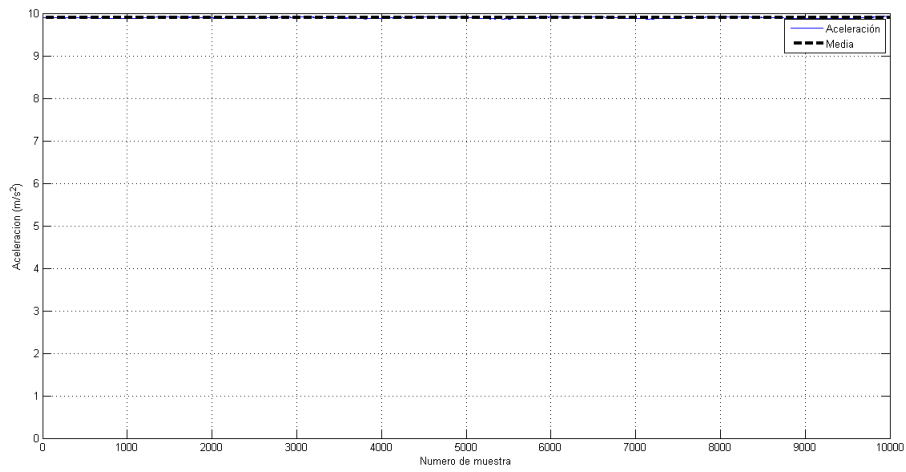


Figura 5.22: Media aceleración en Z posición XY

3.

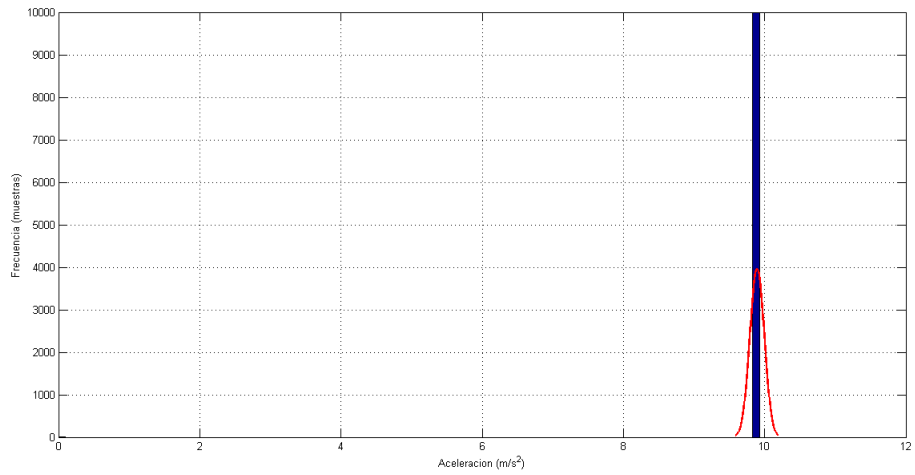


Figura 5.23: Histograma aceleración posiciónXY

4.

POSICIÓN XZ

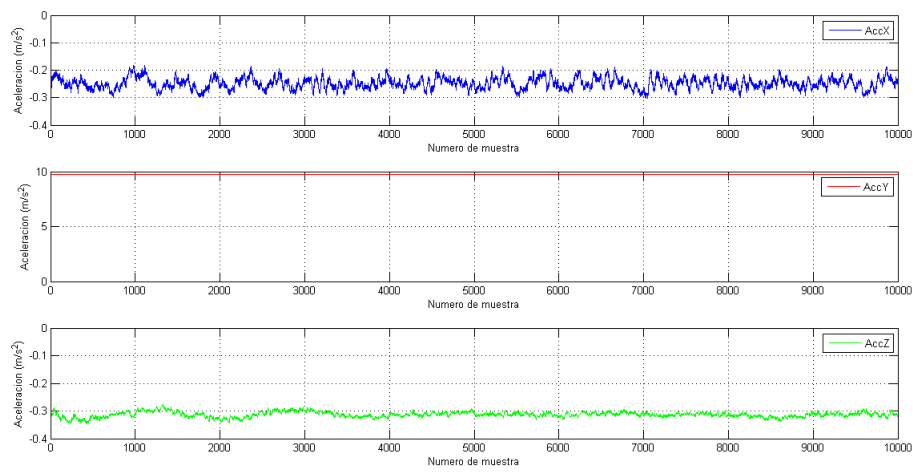


Figura 5.24: Señales acelerómetro posición XZ

1.

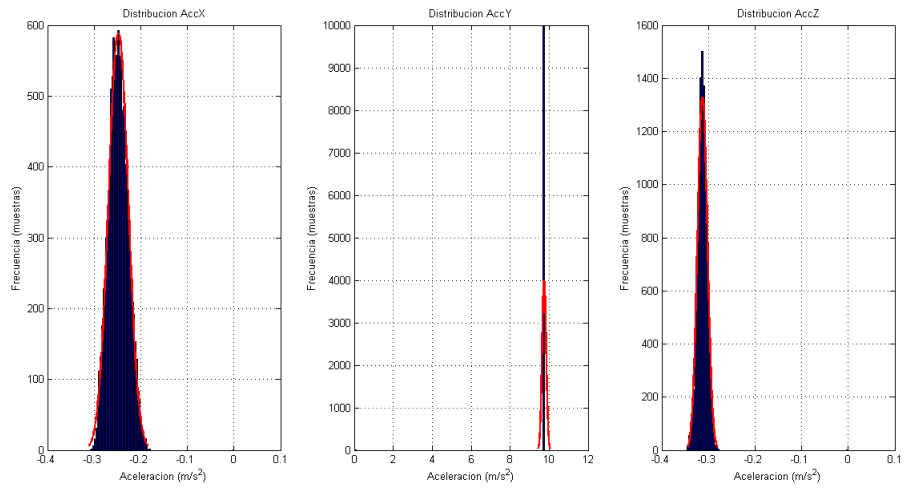


Figura 5.25: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ

2.

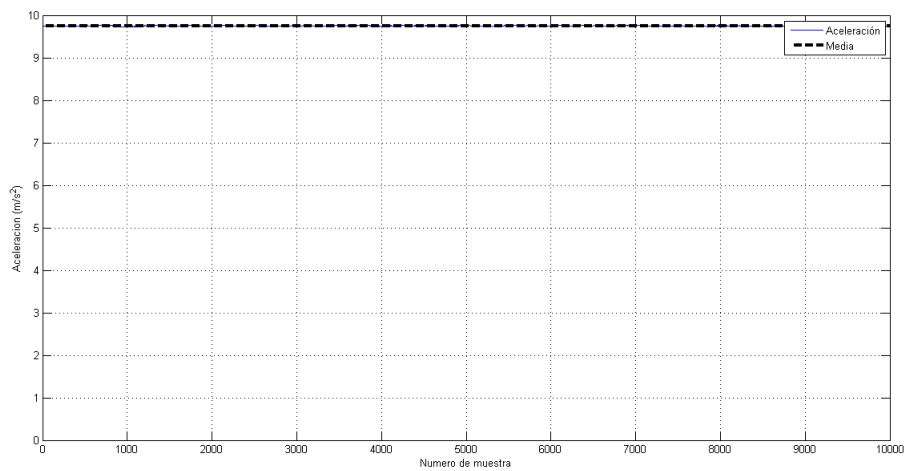


Figura 5.26: Gráfica media aceleración en Z posición YZ

3.

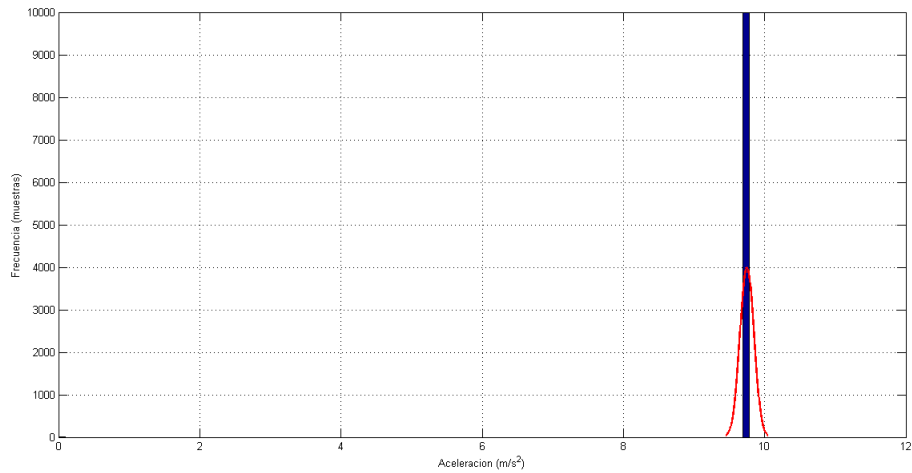


Figura 5.27: Histograma aceleración posición XZ

4.

POSICIÓN YZ

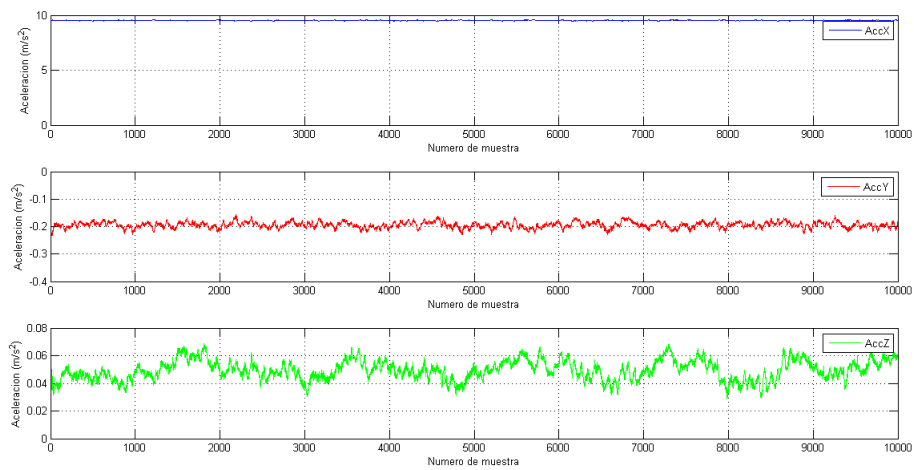


Figura 5.28: Señales acelerómetro posición YZ

1.

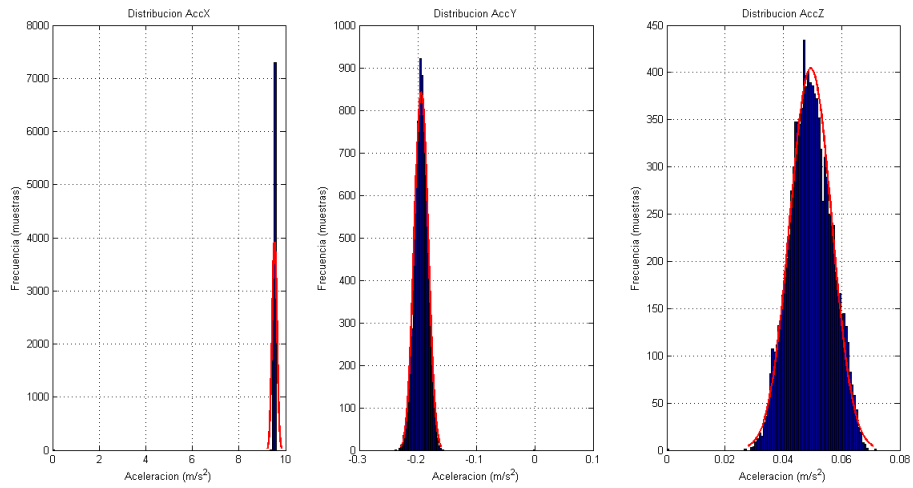


Figura 5.29: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posiciónYZ

2.

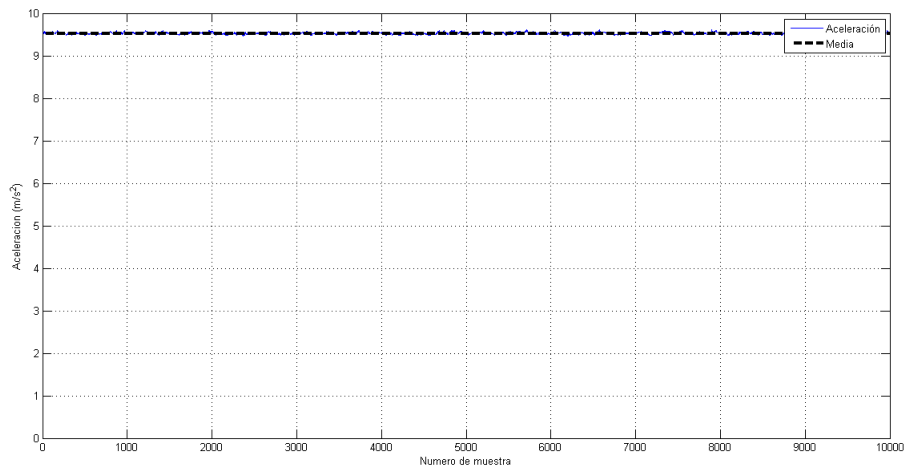


Figura 5.30: Gráfica media aceleración en Z posición XZ

3.

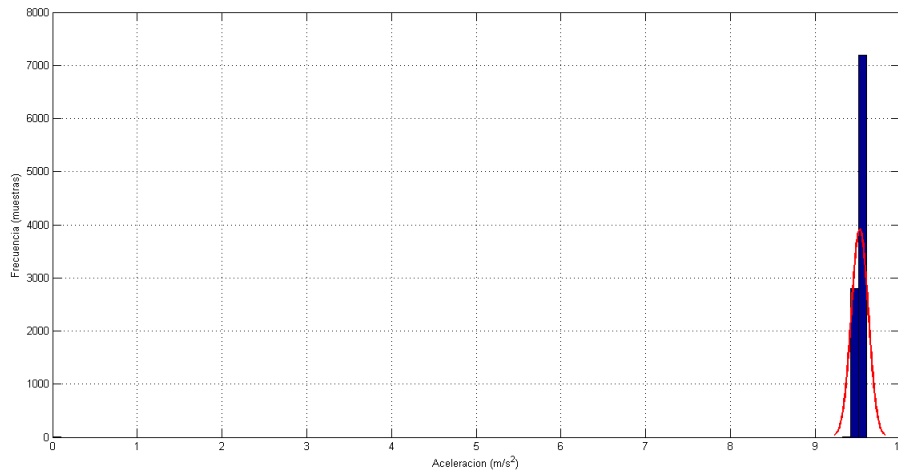


Figura 5.31: Histograma aceleración posición YZ

4.

MAGNITUD DE LA ACELERACIÓN

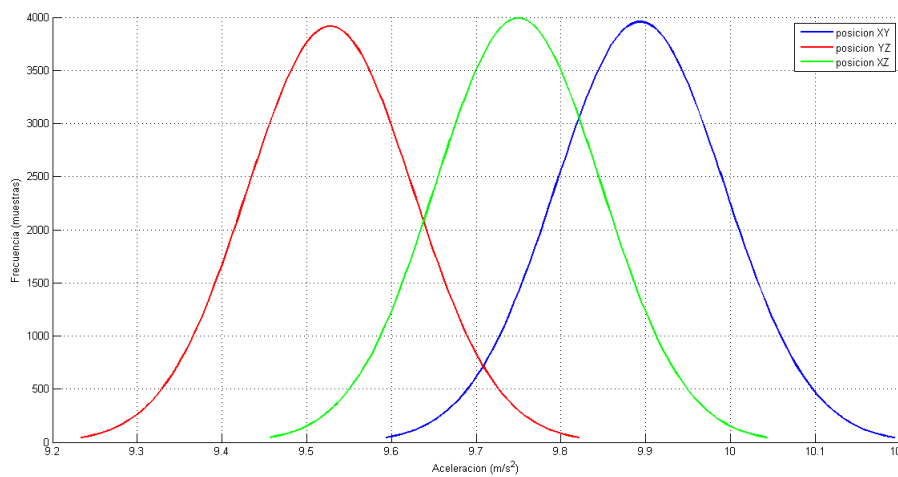


Figura 5.32: Histograma magnitud aceleración

5.4.2.1. ANÁLISIS

- Se observa una mejora en el valor tomado por el sensor, se observa el valor de la gravedad con un error menor, al igual que los datos en los otros dos vectores no importando la posición del móvil.
- En los histogramas de las señales y la gráfica de Gauss se observa una mejora en la distribución normal de los datos, el valor de la media de la gravedad se estabiliza y está más aproximado al esperado, por

lo tanto en el histograma de la aceleración se encuentran los datos con una distribución mejorada pero aun con una frecuencia mayor a la esperada.

- En la gráfica del histograma de la magnitud figura 5.32 de la aceleración se observa una mejoría en la varianzas de cada una de las posiciones pero aun con un desfase en el valor de la gravedad de la tierra en cada uno.

5.4.3. Señales celular Sony C1904 con calibración

POSICIÓN XY

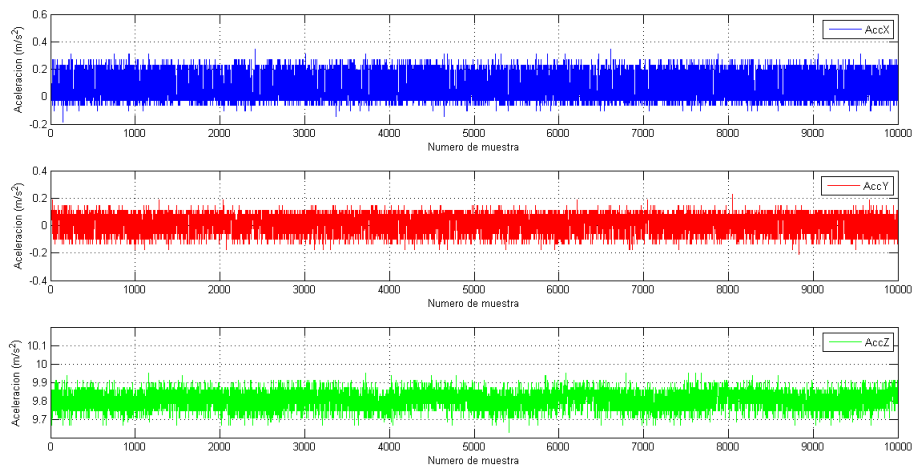


Figura 5.33: Señales acelerómetro posición XY

1.

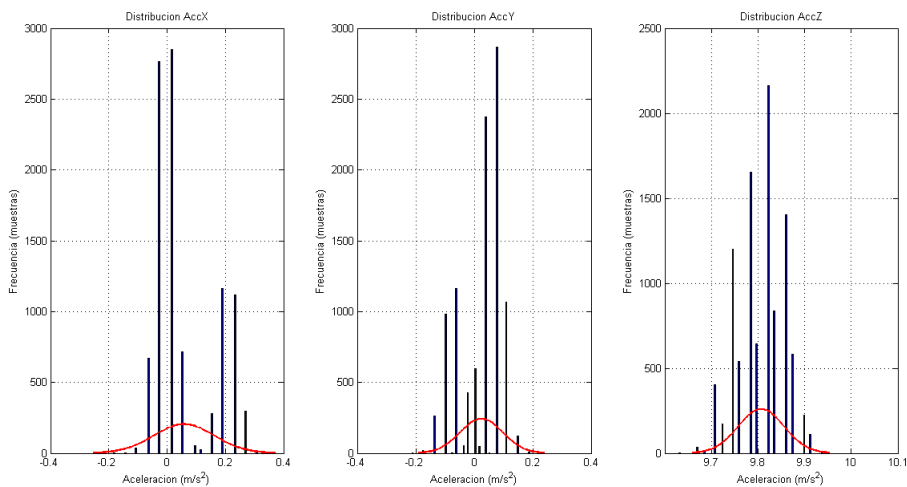


Figura 5.34: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY

2.

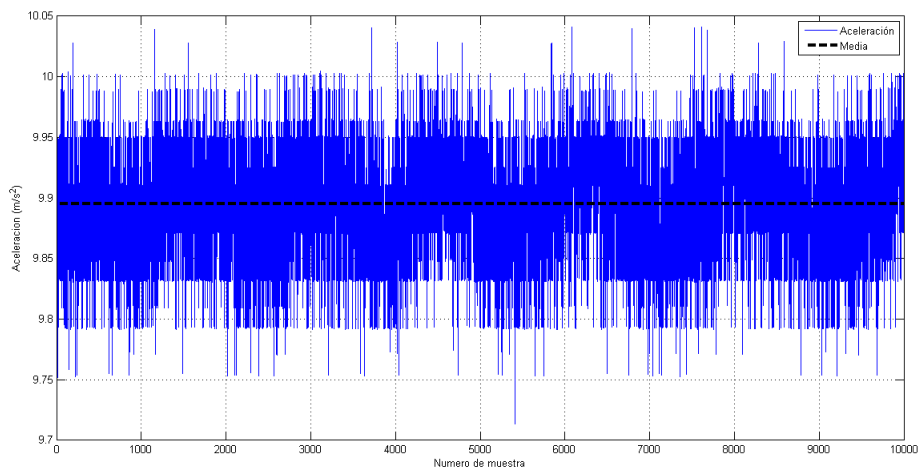


Figura 5.35: Media aceleración en Z posición XY

3.

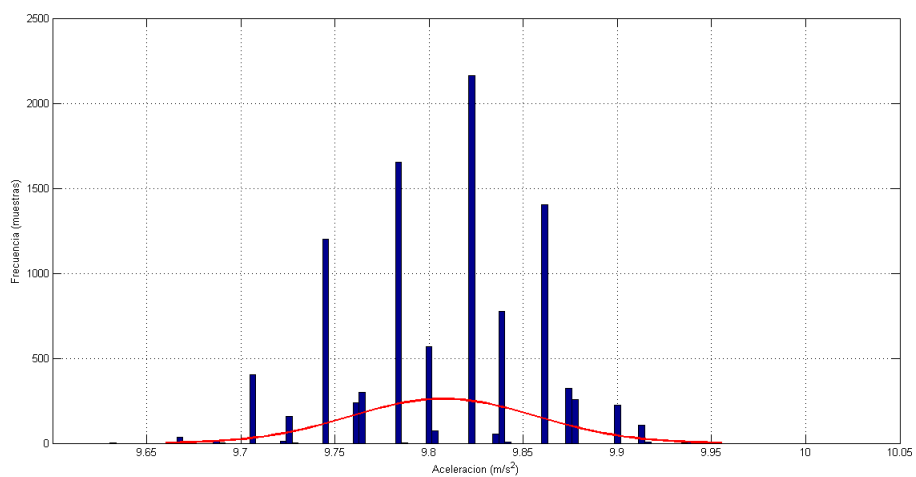


Figura 5.36: Histograma aceleración posición XY

4.

POSICIÓN XZ

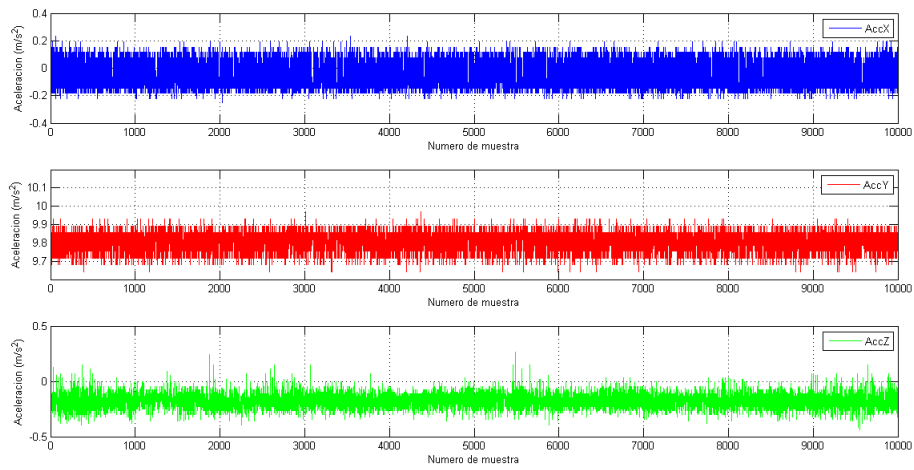


Figura 5.37: Señales acelerómetro posición XZ

1.

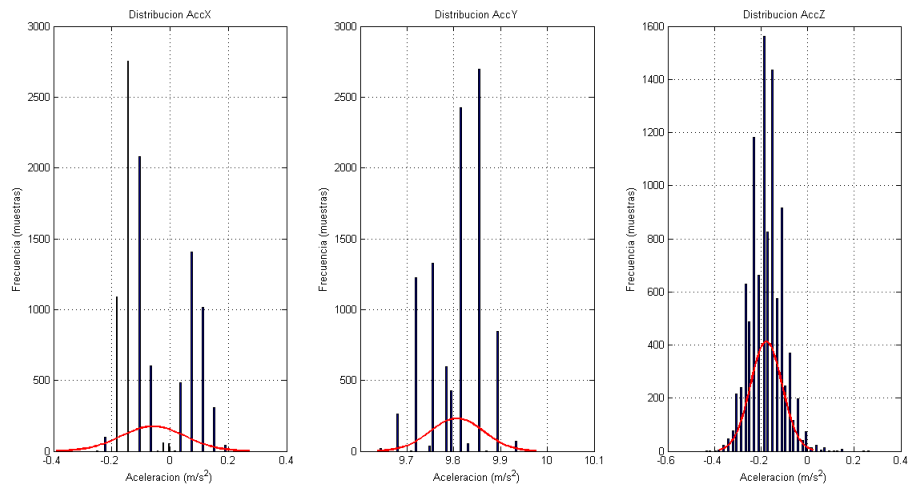


Figura 5.38: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ

2.

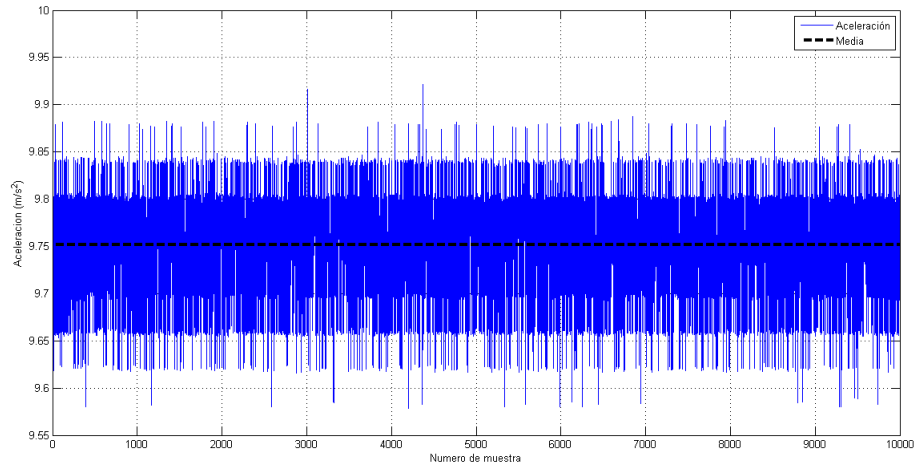


Figura 5.39: Gráfica media aceleración en Z posición YZ

3.

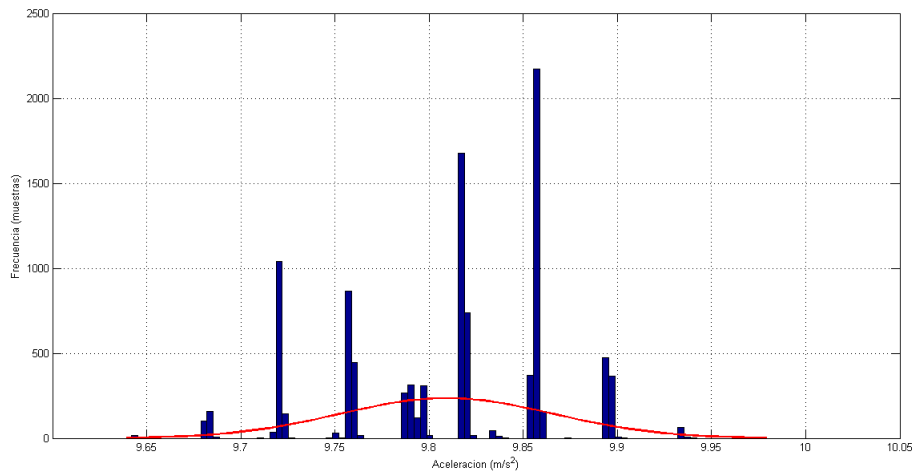


Figura 5.40: Histograma aceleración posición XZ

4.

POSICIÓN YZ

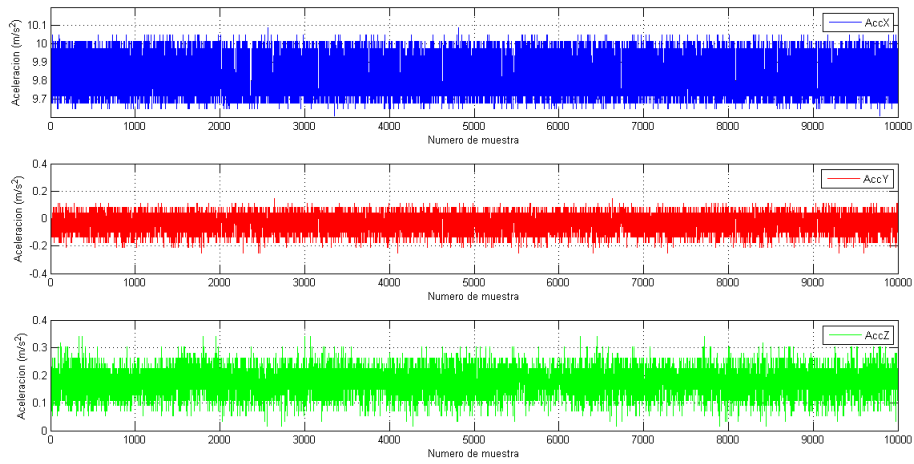


Figura 5.41: Señales acelerómetro posición YZ

1.

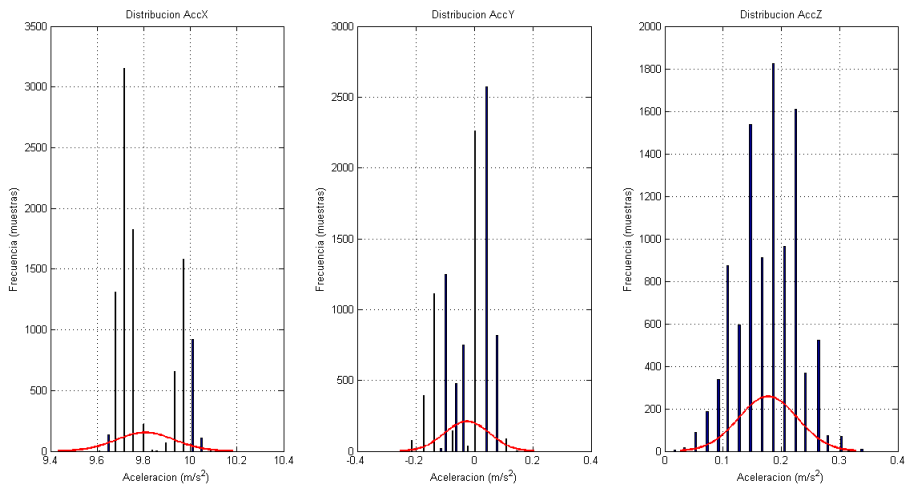


Figura 5.42: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ

2.

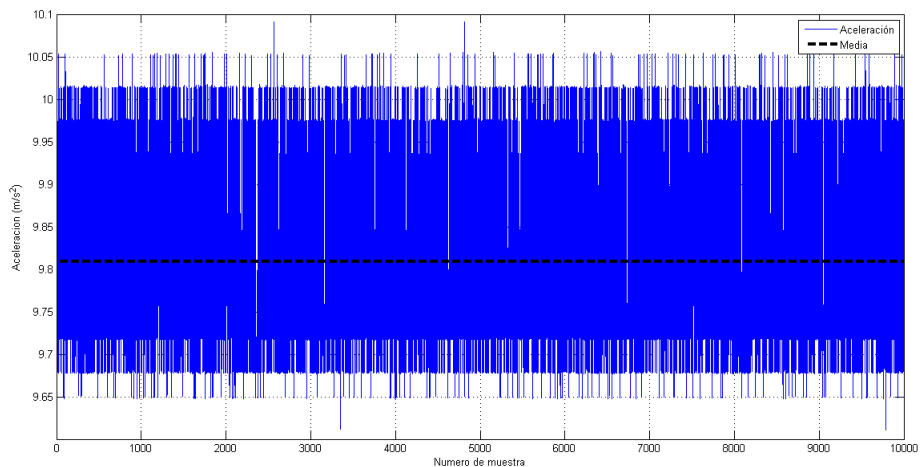


Figura 5.43: Gráfica media aceleración en Z posición XZ

3.

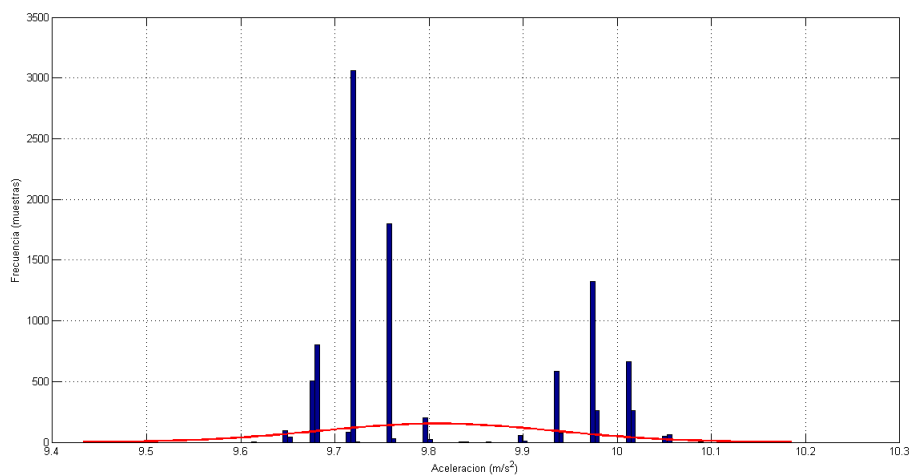


Figura 5.44: Histograma aceleración posición YZ

4.

MAGNITUD ACELERACIÓN

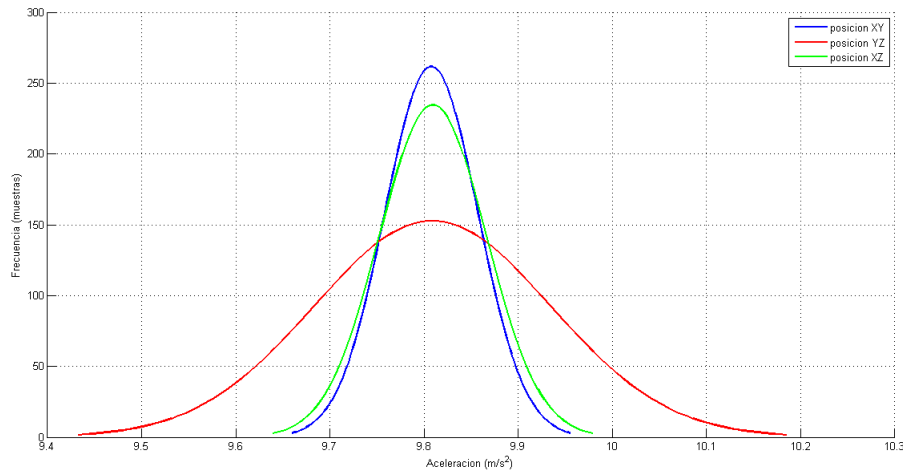


Figura 5.45: Histograma magnitud aceleración

5.4.3.1. ANÁLISIS

- Se observa al igual que en la 1 etapa las señales con una considerable cantidad de ruido, por lo tanto los histogramas de las señales prestan una distribución normal parecida pero con una mejora en la amplitud de los datos.
- En la gráfica del histograma de la magnitud figura 5.45de la aceleración se observa una mejoría en el valor medio de la gravedad de la tierra pero presentando gran diferencias en la magnitud de los valores en cada una de las posiciones.

Con los 2 últimos estudios se plantea la unión entre el filtro Kalman y la calibración de los sensores, por lo tanto en los dos últimos se realiza filtro Kalman-Calibración y Calibración-Filtro Kalman se realizan de esta forma para ver si el orden en el que se implementan estos afecta el resultado.

5.4.4. Señales celular Sony C1904 con Filtro Kalman mas calibración

POSICIÓN XY

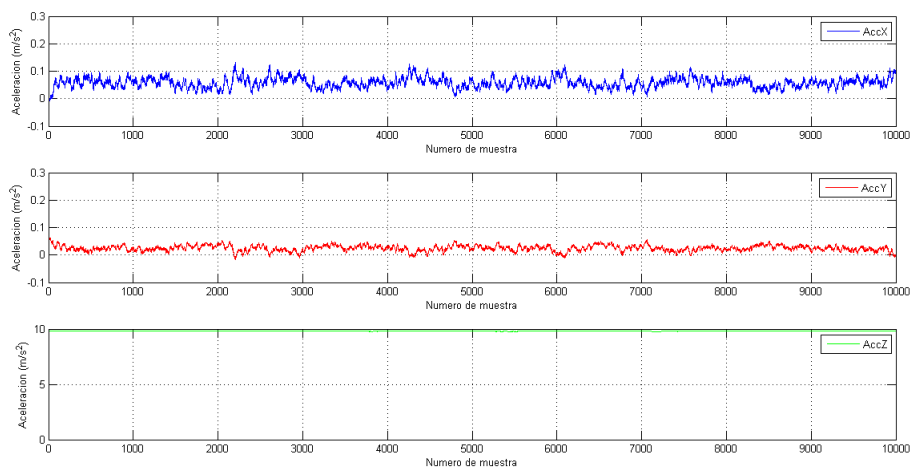


Figura 5.46: Señales acelerómetro posición XY

1.

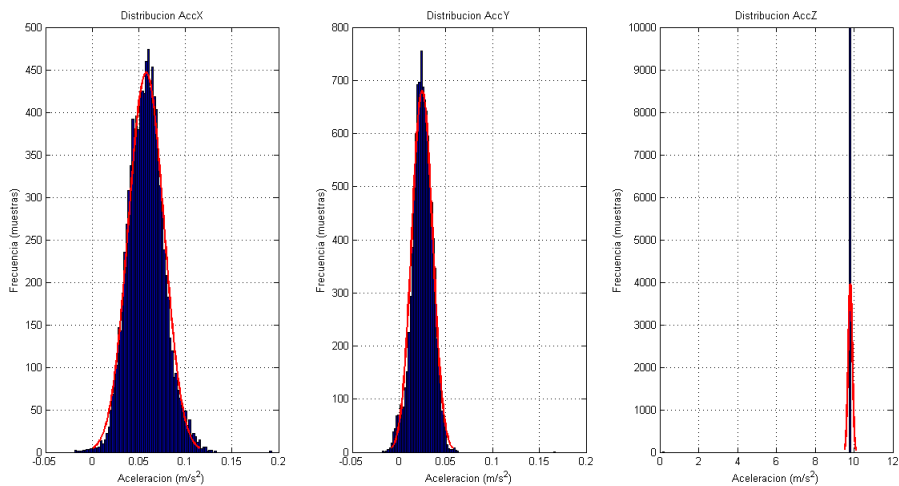


Figura 5.47: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY

2.

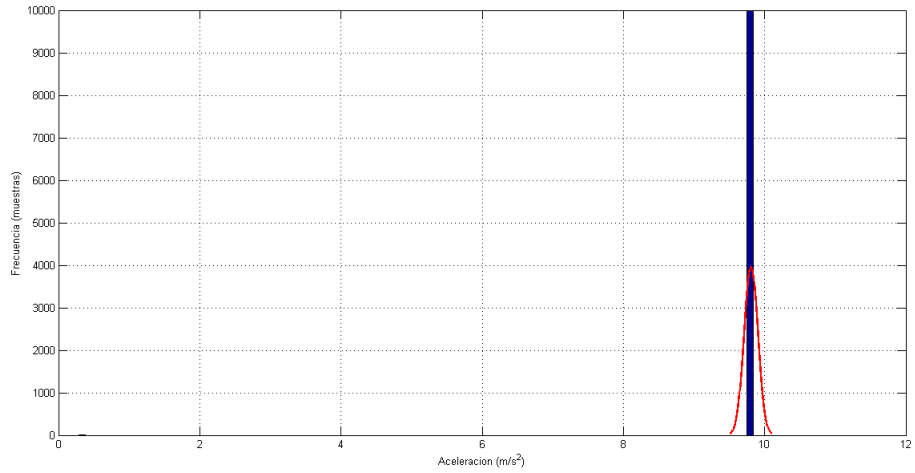


Figura 5.48: Media aceleración en Z posiciónXY

3.

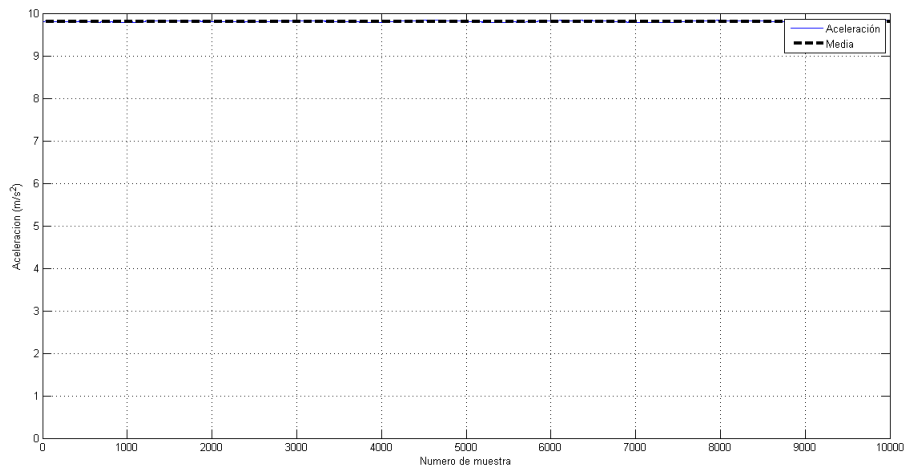


Figura 5.49: Histograma aceleración posiciónXY

4.

POSICIÓN XZ

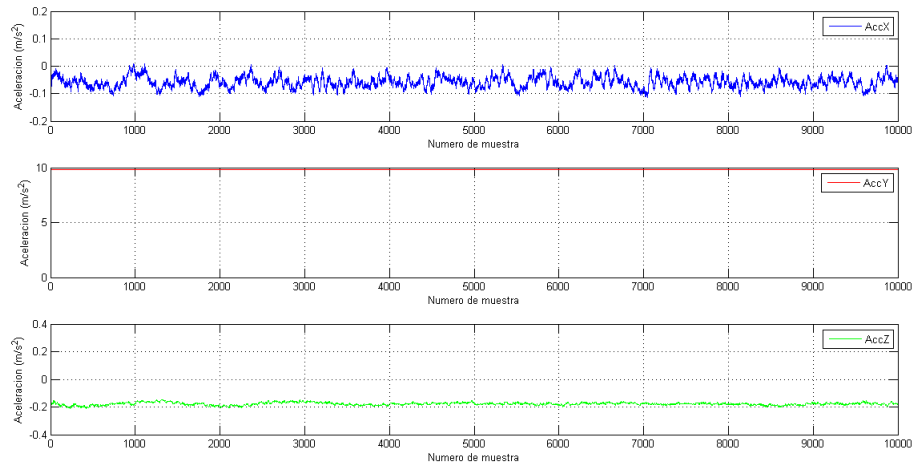


Figura 5.50: Señales acelerómetro posición XZ

1.

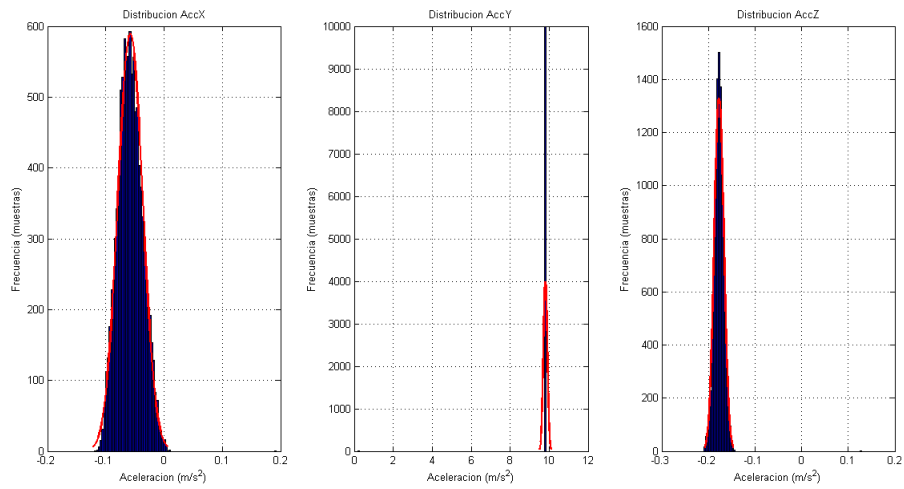


Figura 5.51: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XZ

2.

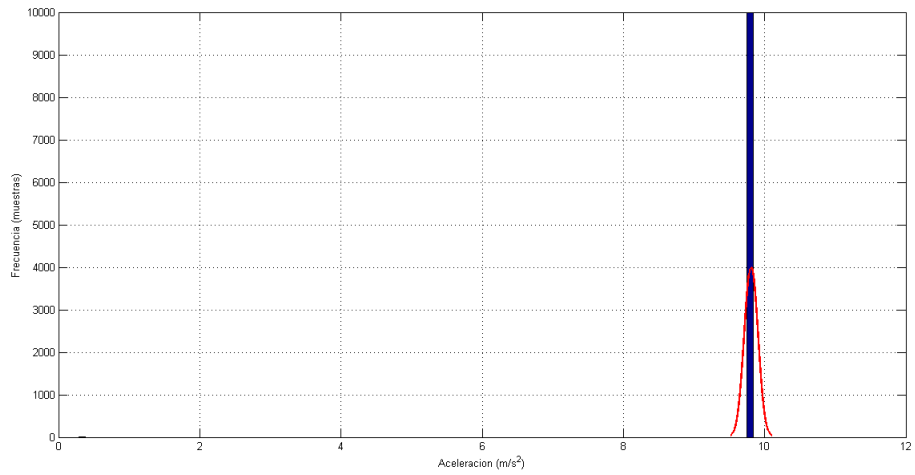


Figura 5.52: Gráfica media aceleración en Z posición YZ

3.

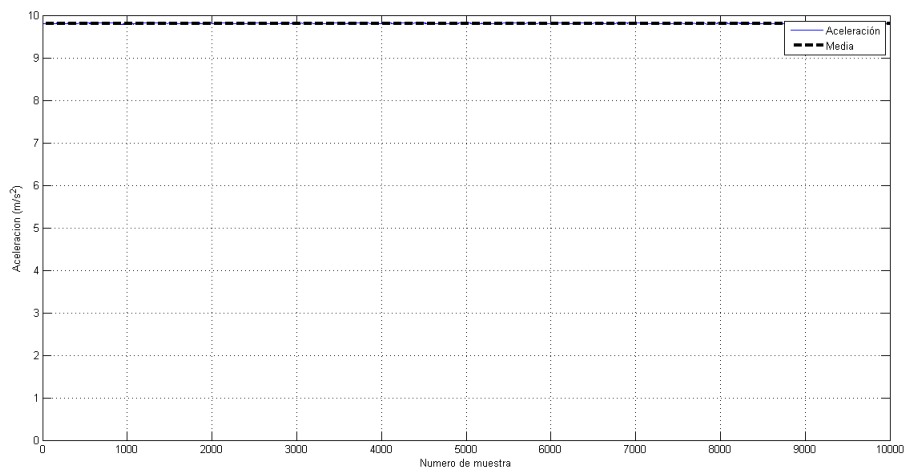


Figura 5.53: Histograma aceleración posición XZ

4.

POSICIÓN YZ

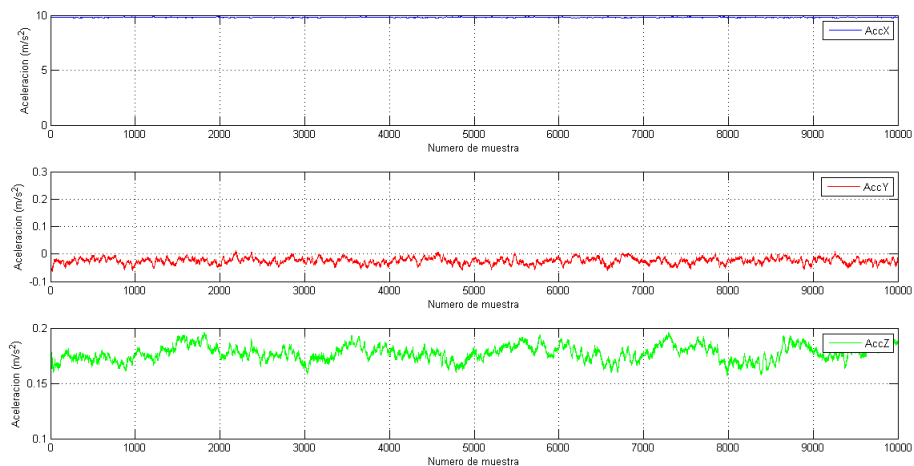


Figura 5.54: Señales acelerómetro posición YZ

1.

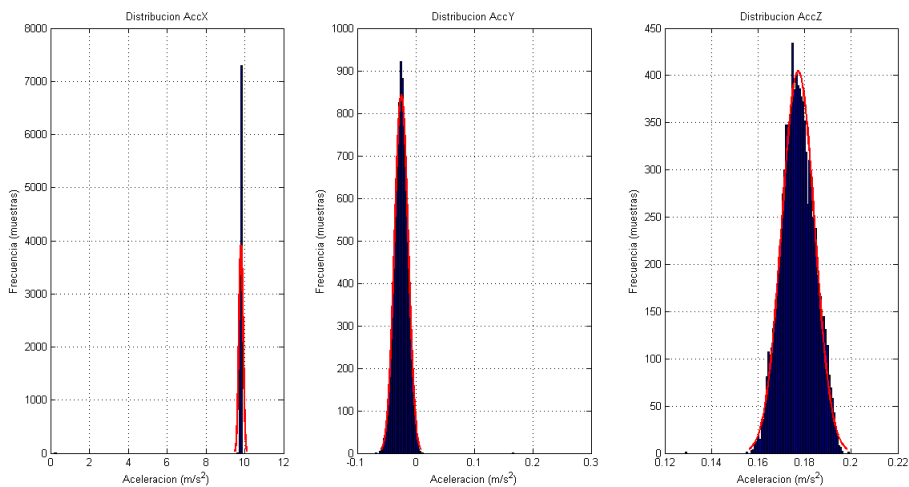


Figura 5.55: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ

2.

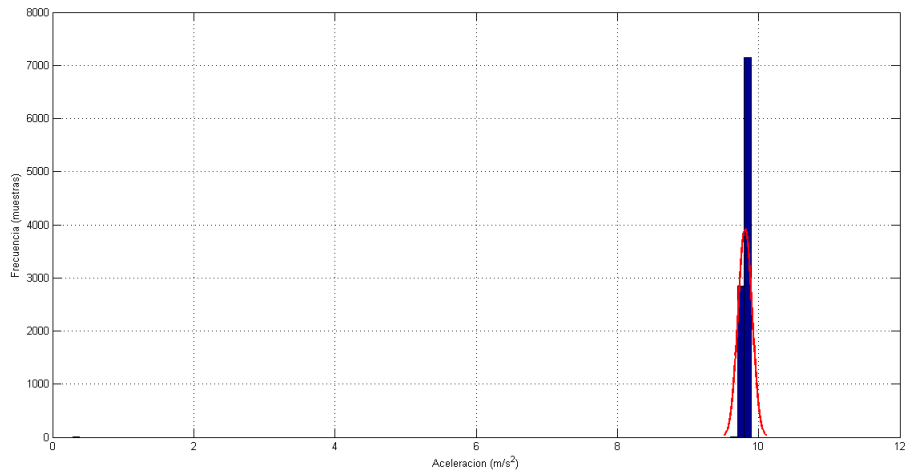


Figura 5.56: Gráfica media aceleración en Z posición XZ

3.

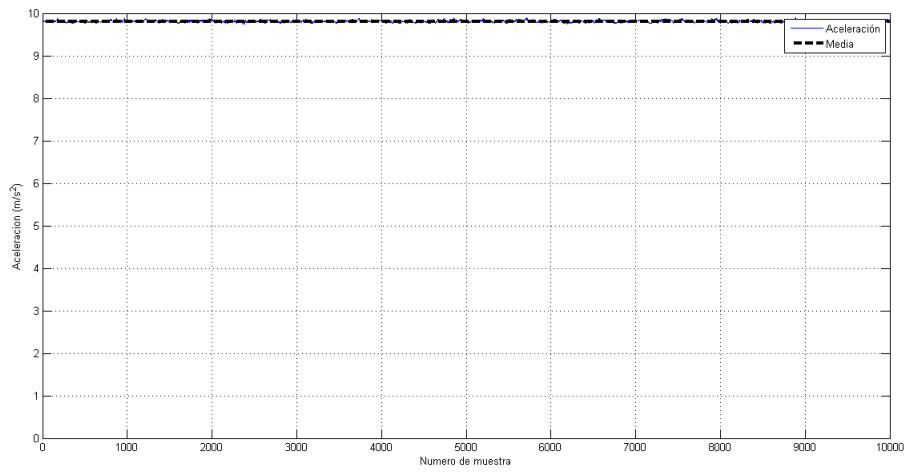


Figura 5.57: Histograma aceleración posición YZ

4.

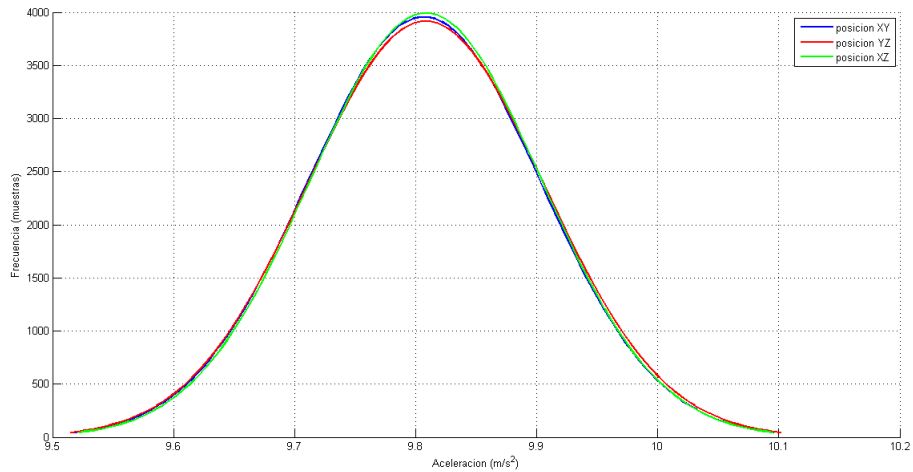
MAGNITUD ACELERACIÓN

Figura 5.58: Histograma magnitud aceleración

5.4.4.1. ANÁLISIS

- Se observa una mejora en el valor tomado por el sensor, se observa el valor de la gravedad con un error menor, al igual que los datos en los otros dos vectores no importando la posición del móvil.
- En los histogramas de las señales y la gráfica de Gauss se observa una mejora en la distribución normal de los datos, el valor de la media de la gravedad se estabiliza y está más aproximado al esperado teniendo como error de $\pm 0,001$, por lo tanto en el histograma de la aceleración se encuentran los datos con una distribución mejorada y una frecuencia más cercana a la esperada.
- En la gráfica del histograma de la magnitud figura 5.58 de la aceleración se observa que las gráficas en las tres posiciones están más cercanas con respecto a la frecuencia y el valor de la gravedad de la tierra

5.4.5. Señales celular Sony C1904 con calibración mas Filtro Kalman

POSICIÓN XY

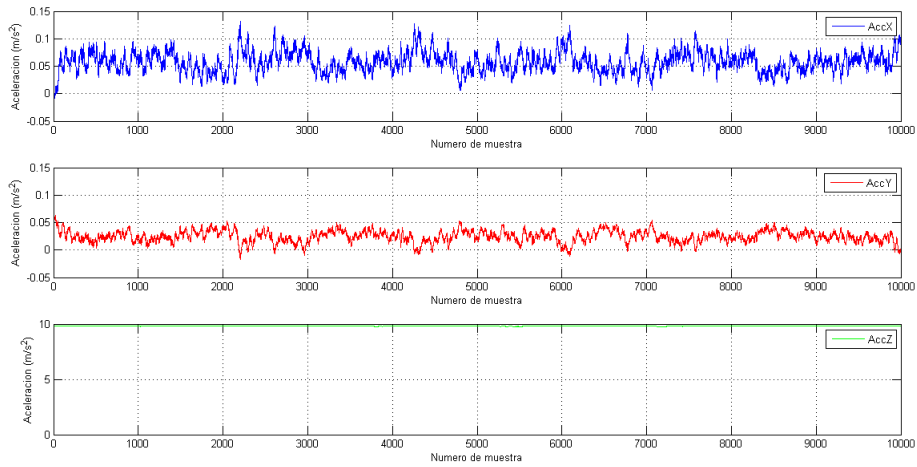


Figura 5.59: Señales acelerómetro posición XY

1.

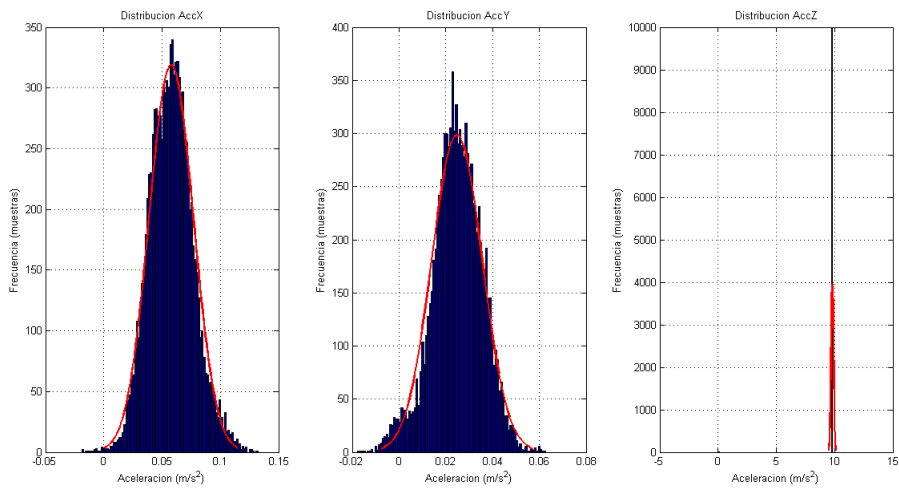


Figura 5.60: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición XY

2.

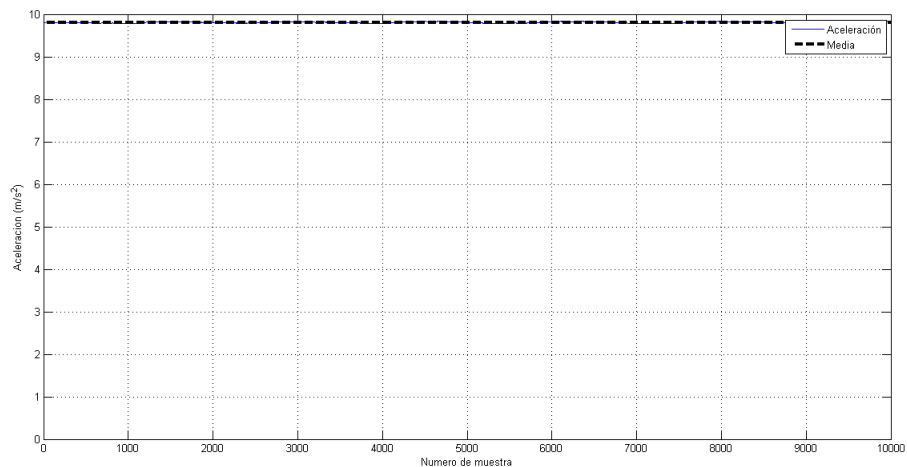


Figura 5.61: Media aceleración enZ posición XY

3.

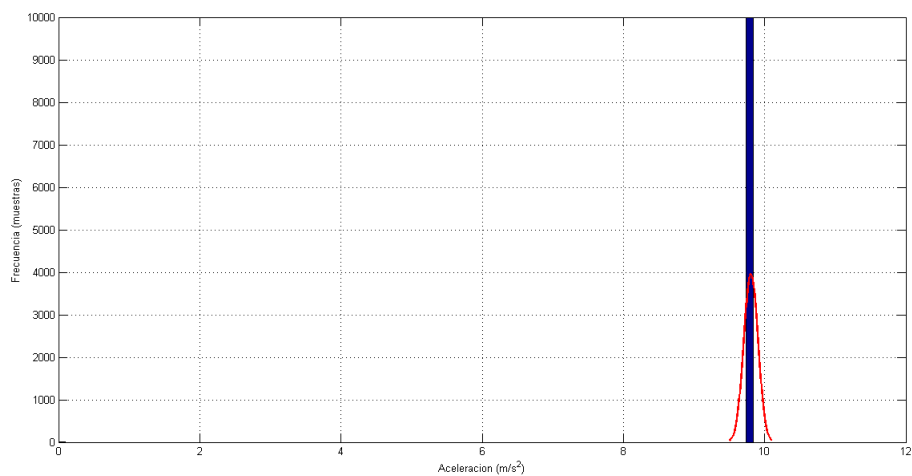


Figura 5.62: Histograma aceleración posición XY

4.

POSICIÓN XZ

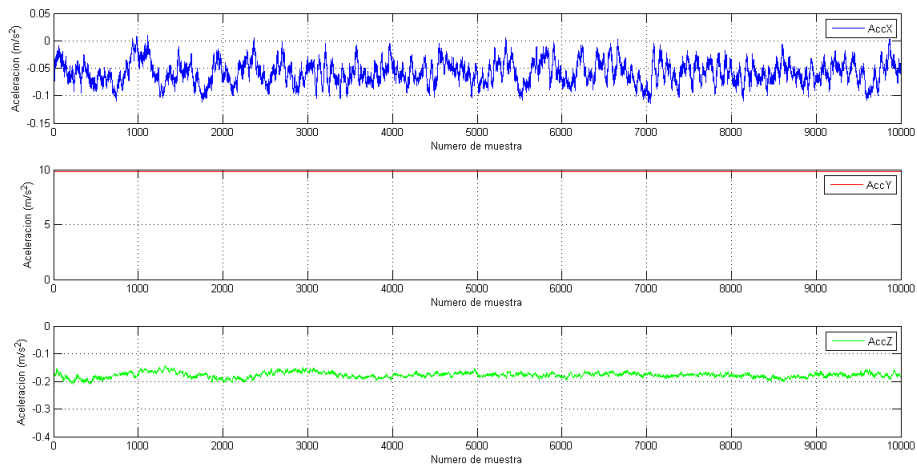


Figura 5.63: Señales acelerómetro posición XZ

1.

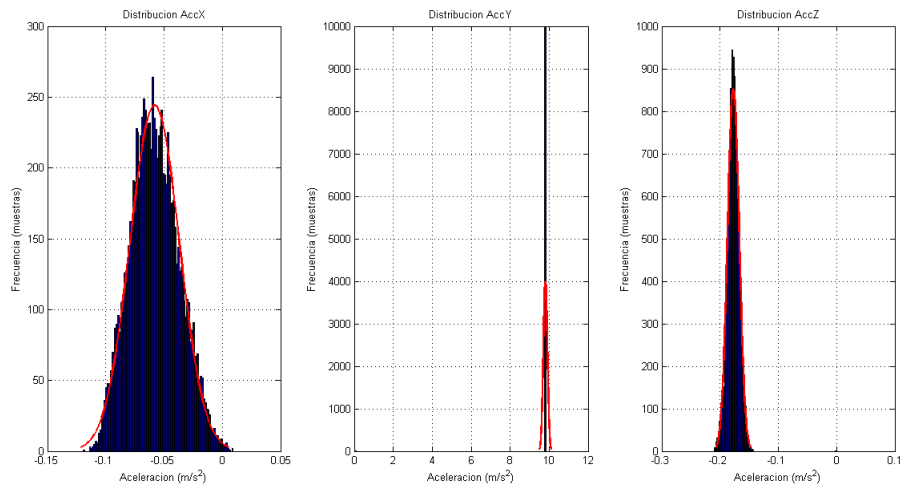


Figura 5.64: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posiciónXZ

2.

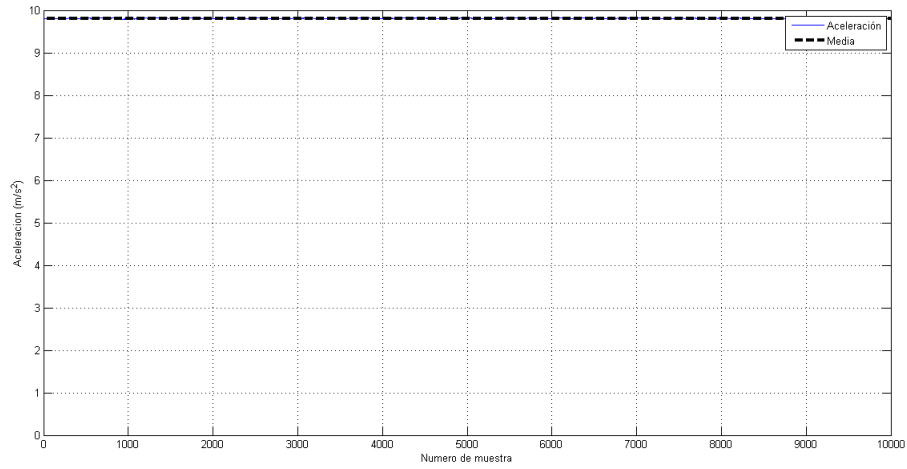


Figura 5.65: Gráfica media aceleración en Z posición YZ

3.

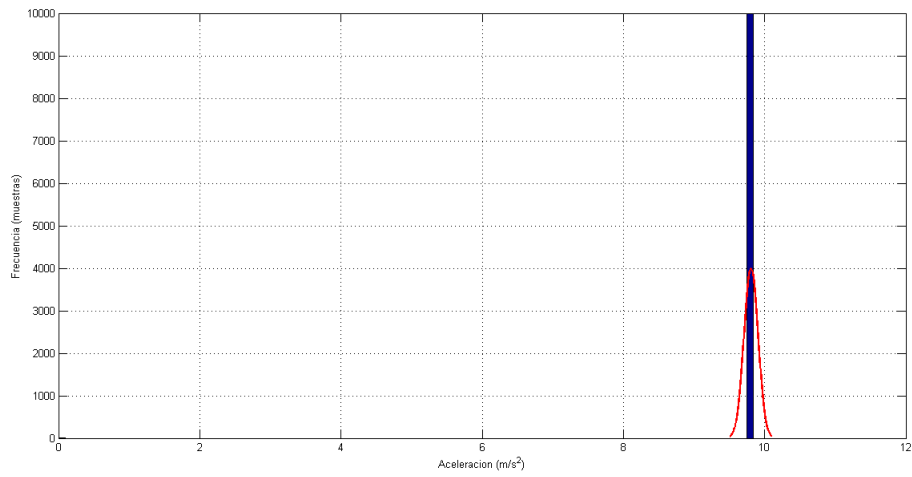


Figura 5.66: Histograma aceleración posición XZ

4.

POSICIÓN YZ

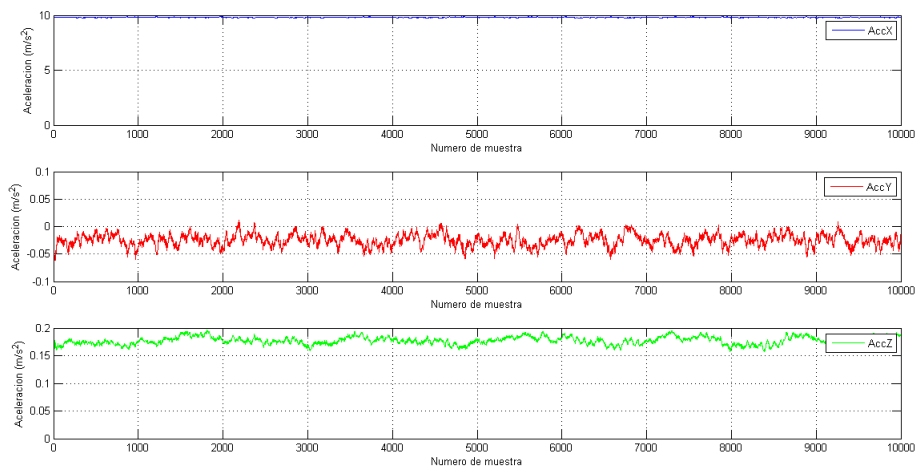


Figura 5.67: Señales acelerómetro posición YZ

1.

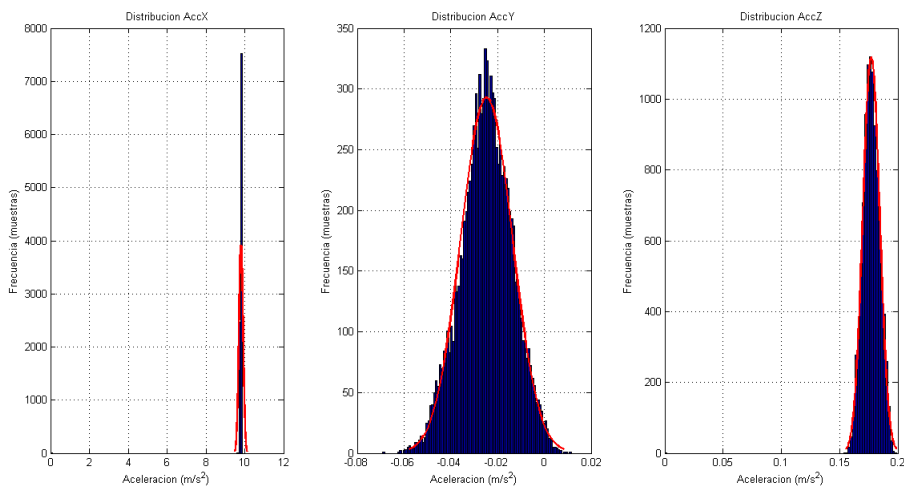


Figura 5.68: Histograma de las señales y gráfica de Gauss posición YZ

2.

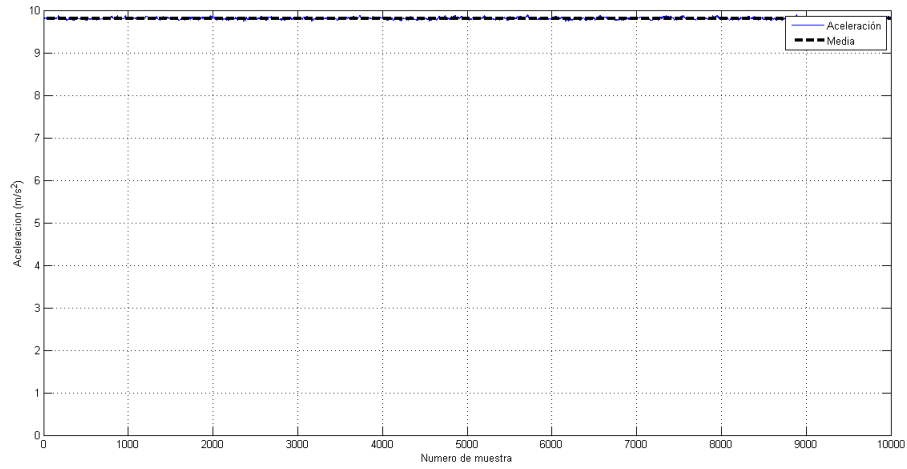


Figura 5.69: Gráfica media aceleración en Z posición XZ

3.

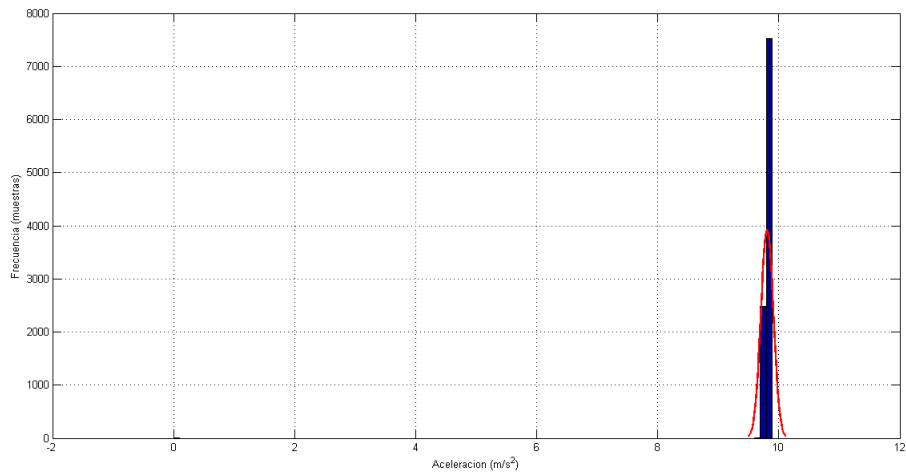


Figura 5.70: Histograma aceleración posición YZ

4.

MAGNITUD ACELERACIÓN

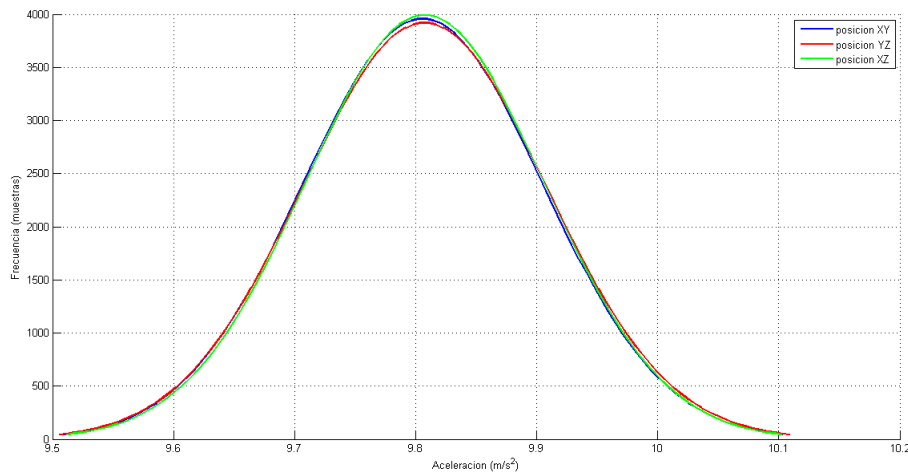


Figura 5.71: Histograma magnitud aceleración

5.4.5.1. ANÁLISIS

- Se observa una mejora en el valor tomado por el sensor, se observa el valor de la gravedad con un error menor, al igual que los datos en los otros dos vectores no importando la posición del móvil.
- En los histogramas de las señales y la gráfica de Gauss se observa una mejora en la distribución normal de los datos, el valor de la media de la gravedad se estabiliza y está más aproximado al esperado teniendo como error de $\pm 0,001$, por lo tanto en el histograma de la aceleración se encuentran los datos con una distribución mejorada y una frecuencia más cercana a la esperada.
- En la gráfica del histograma de la magnitud figura 5.71 de la aceleración se observa que las gráficas en las tres posiciones están más cercanas con respecto a la frecuencia y el valor de la gravedad de la tierra

5.4.6. Conclusión de la prueba

Con ayuda de la tabla 5.1 observamos el comportamiento de los valores de la gravedad de la tierra en las tres posiciones y con los 5 estudios, gracias a esta se demuestra que los dos últimos son los óptimos para utilizar aunque se ve un error menor en el estudio Kalman-calibración por lo tanto es el escogido para utilizar en las próximas pruebas.

Tabla 5.1: Comportamiento gravedad con los 5 análisis

	Posición XY	Posición XZ	Posición YZ
Sensor	9.895369	9.751501	9.529056
Kalman	9.893477	9.749746	9.527697
Calibración	9.807667	9.809277	9.808701
Kalman + Calibración	9.806892	9.808462	9.808300
Calibración + Kalman	9.805773	9.807511	9.807323

Con los sensores calibrados y aplicándole el filtro Kalman se procede a calcular los valores de desplazamiento, realizando estos se llega a la conclusión que con solo los sensores presentes en el móvil no se puede dar un cálculo acertado de estos ya que aun con el celular en reposo nos da como resultado un desplazamiento de 5 metros en 10 seg, esto se debe a los pequeños errores presentados en cada medición.

Capítulo 6

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO

6.1. ALGORITMO DE TRAYECTORIAS

Se plantean los parámetros iniciales para el problema, viendo los requerimientos del usuario y del administrador.

1. Se realizara la búsqueda desde un punto de inicio dado por el usuario ó por la señal dada por el NFC.
2. El usuario tendrá la posibilidad de dar como punto de búsqueda uno o varios puntos al tiempo.

6.2. PROBLEMA DEL AGENTE VIAJERO

Resolviendo el problema del agente viajero con el método de algoritmos genético.

Para este se tomo como referencia el código desarrollado por parano y likethisinstead dado como código libre en GitHub, la figura 6.1 muestra el demo del programa teniendo como inicio 200 ciudades a visitar con esta se observa que con aun con todos estos puntos dados el algoritmo soluciona el problema en un tiempo relativamente rápido.

Este algoritmo utilizado para la solución de la trayectoria aunque genera dos problemas uno es que al ser la solución del problema del agente viajero nos da una trayectoria cerrada es decir el punto inicial es el mismo punto final algo que no cumple con los requerimientos del usuario ni del administrador y como segundo al solucionarse este no toma en cuenta las paredes presentes en el mapa a recorrer.

Traveling Salesman Problem Using Genetic Algorithms

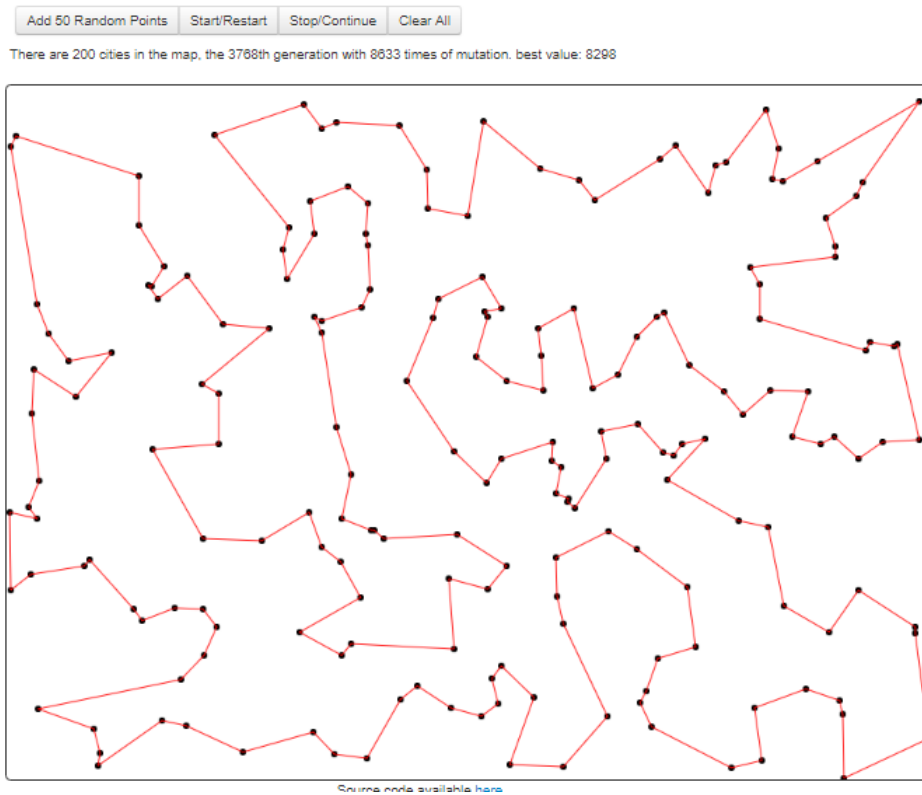


Figura 6.1: Demo TSP usando algoritmos genéticos

6.3. ALGORITMO DE DIJKSTRA

Dado lo anterior se propone complementar este algoritmo con el algoritmo de Dijkstra esté tomara las rutas dadas en TSP y partiendo de este ubica el punto inicial y el/los punto/os final/es dados por el usuario y trazara el camino más corto, la prueba realizada con este algoritmo se ve en las siguientes figuras

1. Se dan los puntos a visitar se utiliza el TSP planteado figura 6.4y se observa la ruta marcada, Figura6.2
2. Se selecciona el punto de inicio y el punto final dentro del mapa. Figura 6.3
3. Algoritmo Dijkstra, 1 solución y solución final ó camino más cortó encontrado. Figura 6.5 y figura 6.6

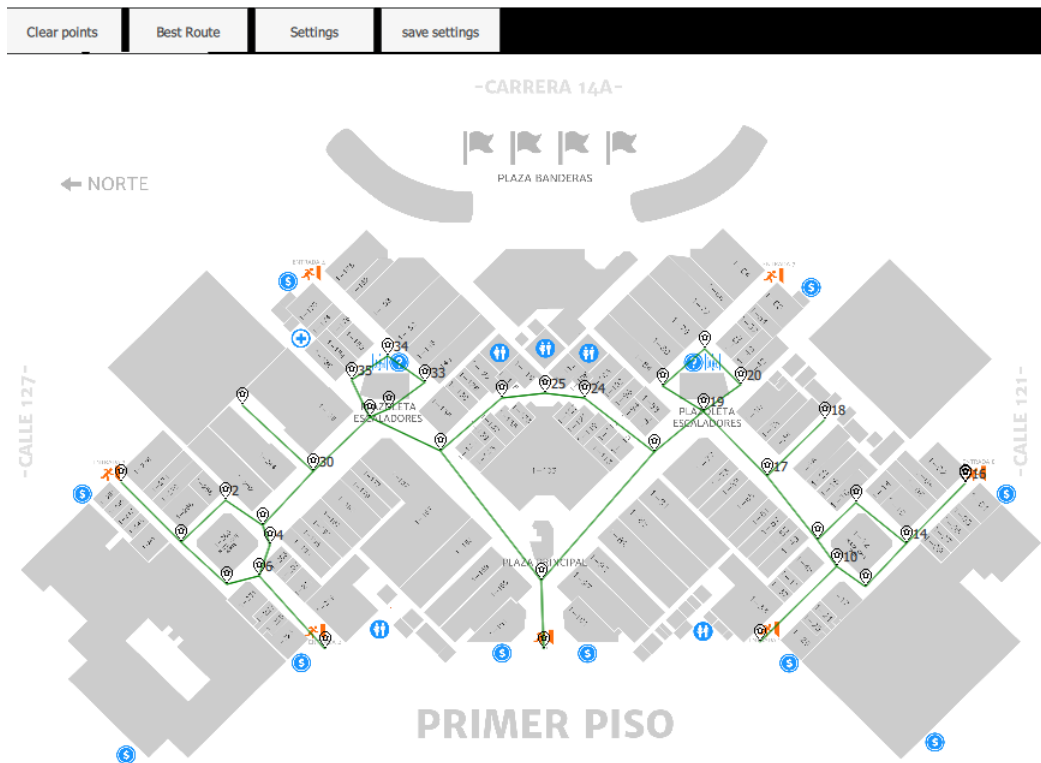


Figura 6.2: TSP Unicentro

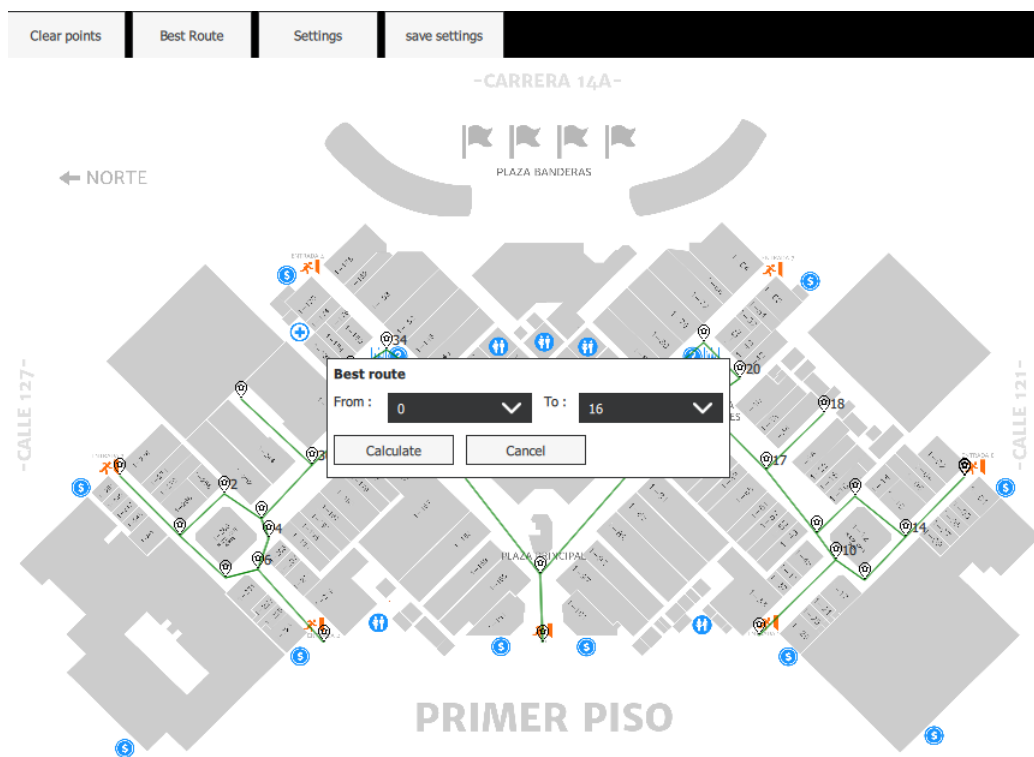


Figura 6.3: Unicentro punto inicio y punto final

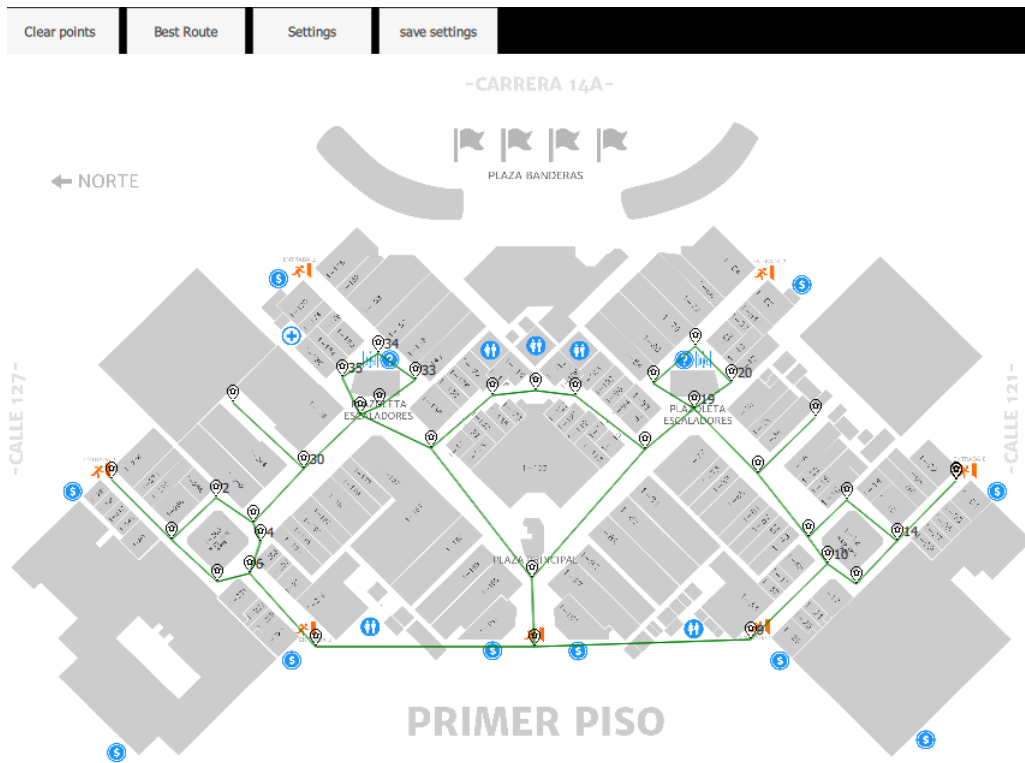


Figura 6.4: Unicentro dada por TSP

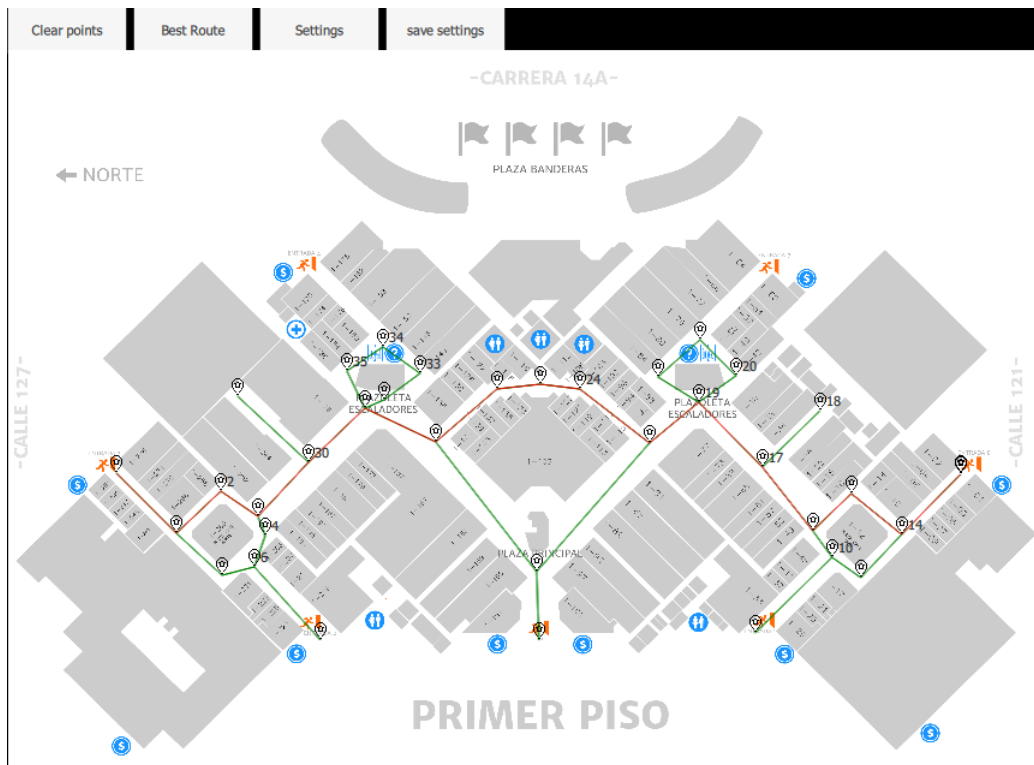


Figura 6.5: Camino dado por Dijkstra

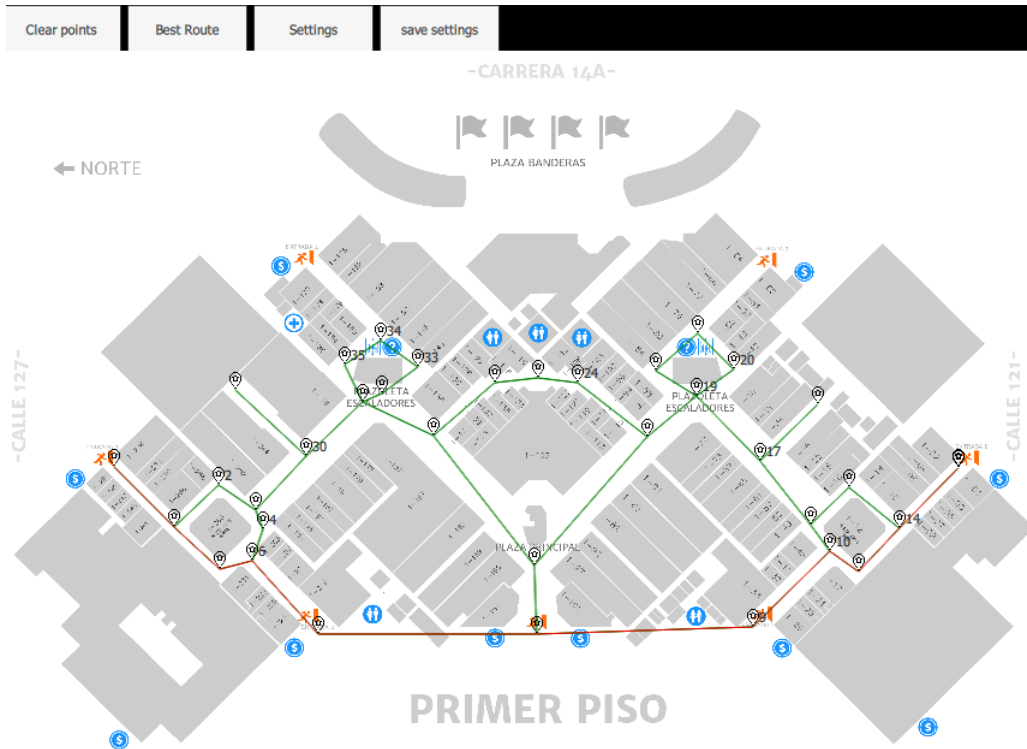


Figura 6.6: Camino más corto Algoritmo Dijkstra

6.4. INTEGRACIÓN TSP Y DIJKSTRA

Para la integración se parte de la premisa que se no conoce ninguna ruta para llegar de un punto a otro dentro de un mapa, pero se conocen las posiciones de los puntos a los que se quiere llegar , ya que estos puntos fueron configurados en la aplicación administrativa (Lazarillo manager), en la figura 6.7 se ilustra un ejemplo en el cual dentro de un establecimiento comercial se quiere acceder a algunos locales ubicados en el mapa, marcados con los puntos de color rojo



Figura 6.7: c.c.Unicentro

Dado que el objetivo es optimizar la ruta que el usuario tendrá que recorrer se recurre a implementar el algoritmo del agente viajero TSP, que entrega una ruta por la cual la distancia recorrida sea la menor posible, en el caso de la aplicación se permite la iteración del programa 100 veces dado que previo a varios ensayos se comprobó que el programa tiende a ser convergente bajo esta especificación y para la cantidad de puntos especificados. Al realizar la implementación del TSP se obtiene la ruta de la figura 6.8.

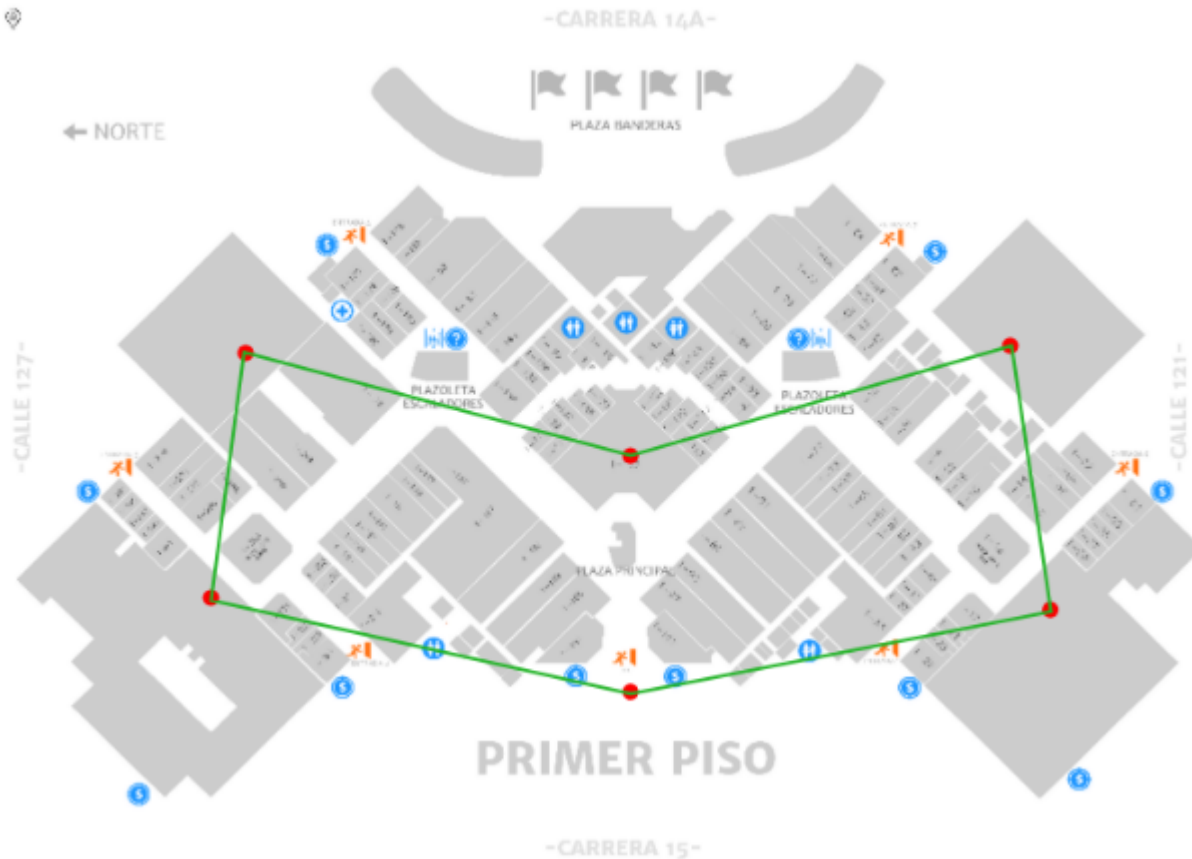


Figura 6.8: Trayectoria con TSP

Como es conocido esta es solo una de las múltiples opciones de respuestas que puede entregar el algoritmo pero es lo suficientemente válida para ver que el TSP por sí mismo no tiene en cuenta si existen obstáculos entre un punto y el otro por lo que en circunstancias reales no se sabría si la distancia recorrida por el usuario es la más corta. Sin embargo algo que si entrega el algoritmo es una aproximación de los puntos más cercanos entre ellos, teniendo en cuenta esto y con el fin de obtener un mejor resultado en la trazabilidad de la ruta se integra el algoritmo de Dijkstra a la solución.

Para implementar Dijkstra es necesario replantear la configuración del mapa pasando de ver los puntos como elementos independientes a convertirlos en un conjunto de nodos donde se establecen las siguientes condiciones:

- Los puntos deben relacionarse mediante líneas que unan los puntos por los cuales exista el paso, estas uniones no deben interferir entre ellas y deben tener en cuenta no interferir con algún obstáculo.
- Se debe distinguir entre los puntos de llegada (rojo) y los puntos de paso (azul), estos últimos son nodos “virtuales” que solo sirven para poder formar caminos sin que existan cruces con edificaciones, además son los encargados que exista una relación entre los nodos de llegada.
- Cada nodo tiene un identificador diferente ya que la existencia de dos nombres iguales puede converger en problemas en el algoritmo.

Finalmente se configura un mapa como el de la figura 6.9.

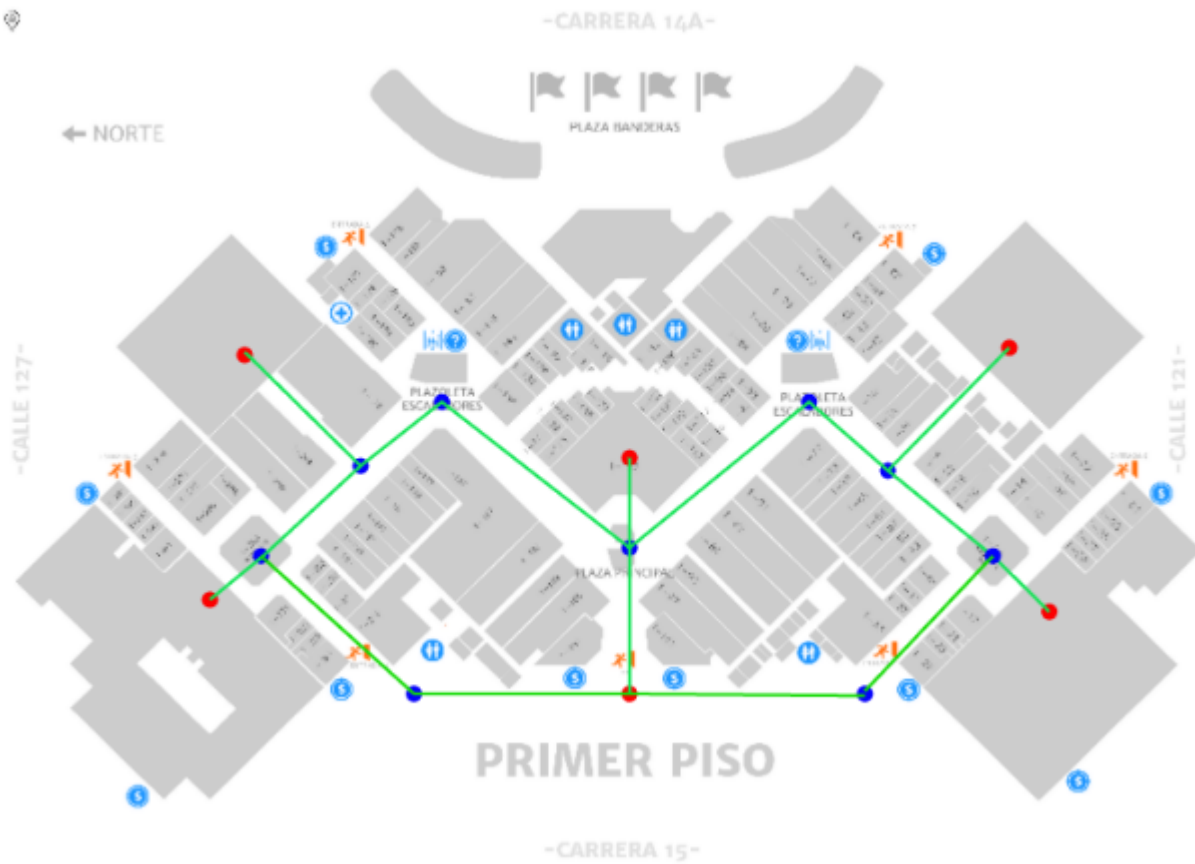


Figura 6.9: Mapa configurado para Dijkstra

Finalmente la configuración para el ejemplo queda como se aprecia en la figura 6.9. Para ilustrar mejor el ejemplo se ha decidido poner nombres a los nodos como en la figura 6.10.

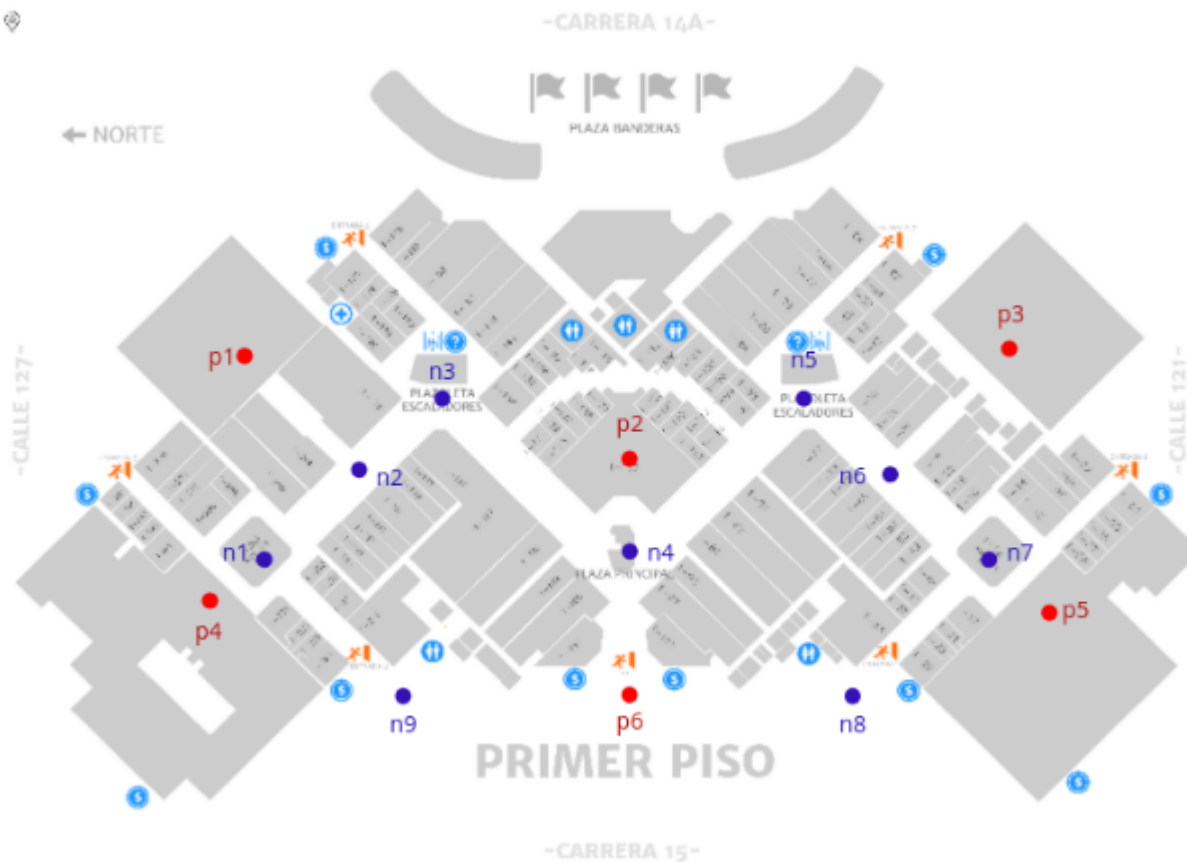


Figura 6.10: Unicentro Puntos

Realizando la integración de los dos algoritmos y suponiendo que la persona quiere pasar por los puntos p1, p2, p3, p4, p5 y p6 y que dicho usuario se encuentra actualmente el punto p1, el TSP entregaría que la mejor ruta sería:

p1 -> p4 -> p6 -> p5 -> p3 -> p2 como se muestra en la figura 6.11.

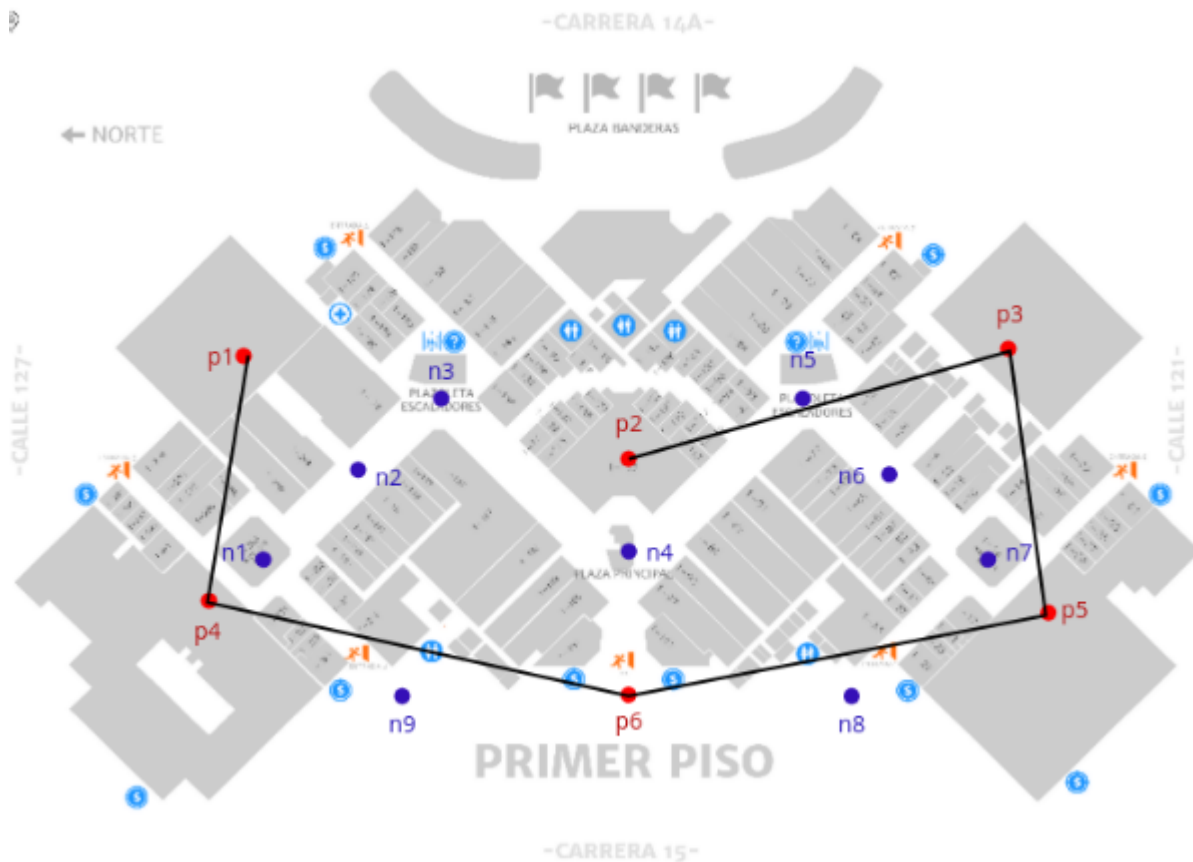


Figura 6.11: Ruta entregada por TSP para ejemplo propuesto

Para implementar Dijkstra se le asumirá que la ruta entregada por TSP es la ideal, es decir que los locales más cercanos entre sí estarán dados por dicha ruta, basado en esto el programa determina que los trayectos quedan hechos así:

- p1 a p4 : p1 -> n2 -> n1 -> p4
- p4 a p6 : p4 -> n9 -> p6
- p6 a p5 : p6 -> n8 -> p5
- p5 a p3 : p5 -> n7 -> n6 -> p3
- p3 a p2 : p3 -> n6 -> n5 -> n4 -> p2

Quedando las rutas como se muestran en las figuras 6.12a 6.16.

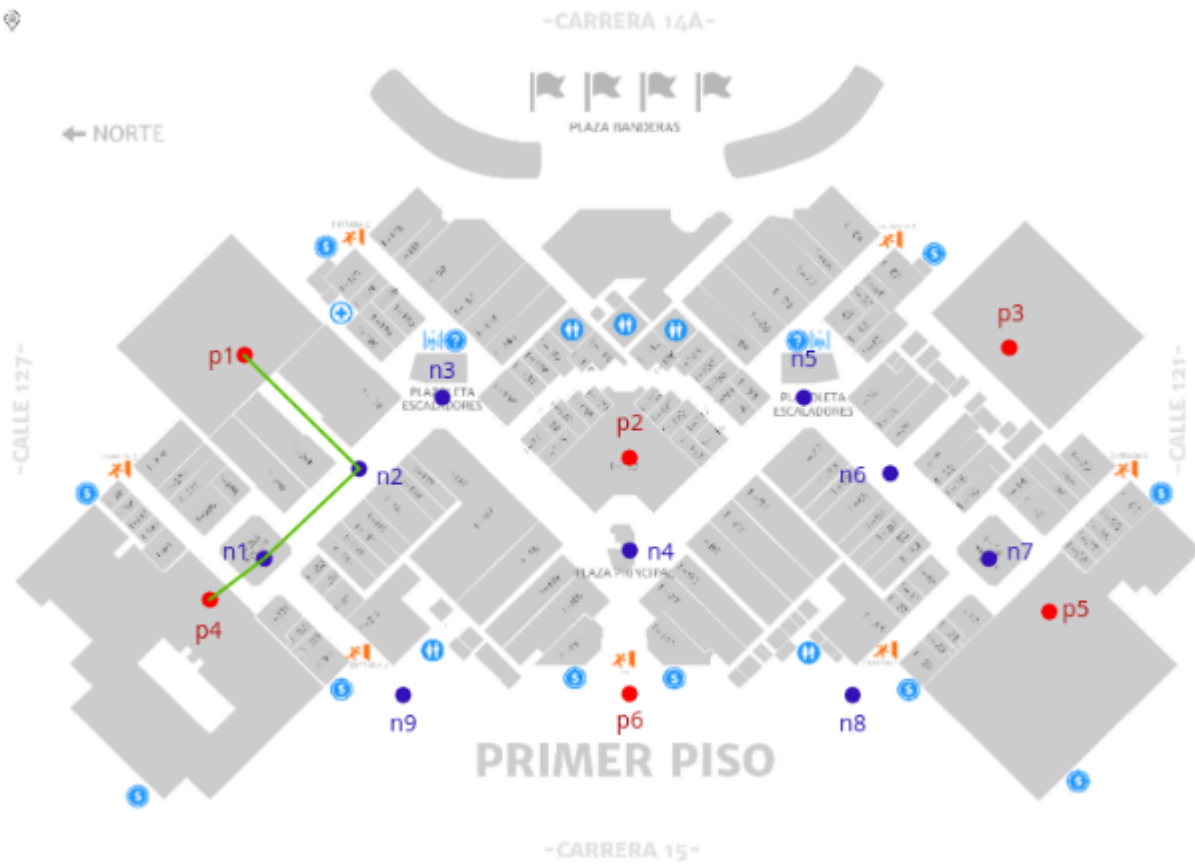


Figura 6.12: P1 a P4



Figura 6.13: P4 a P6



Figura 6.14: P6 a P5

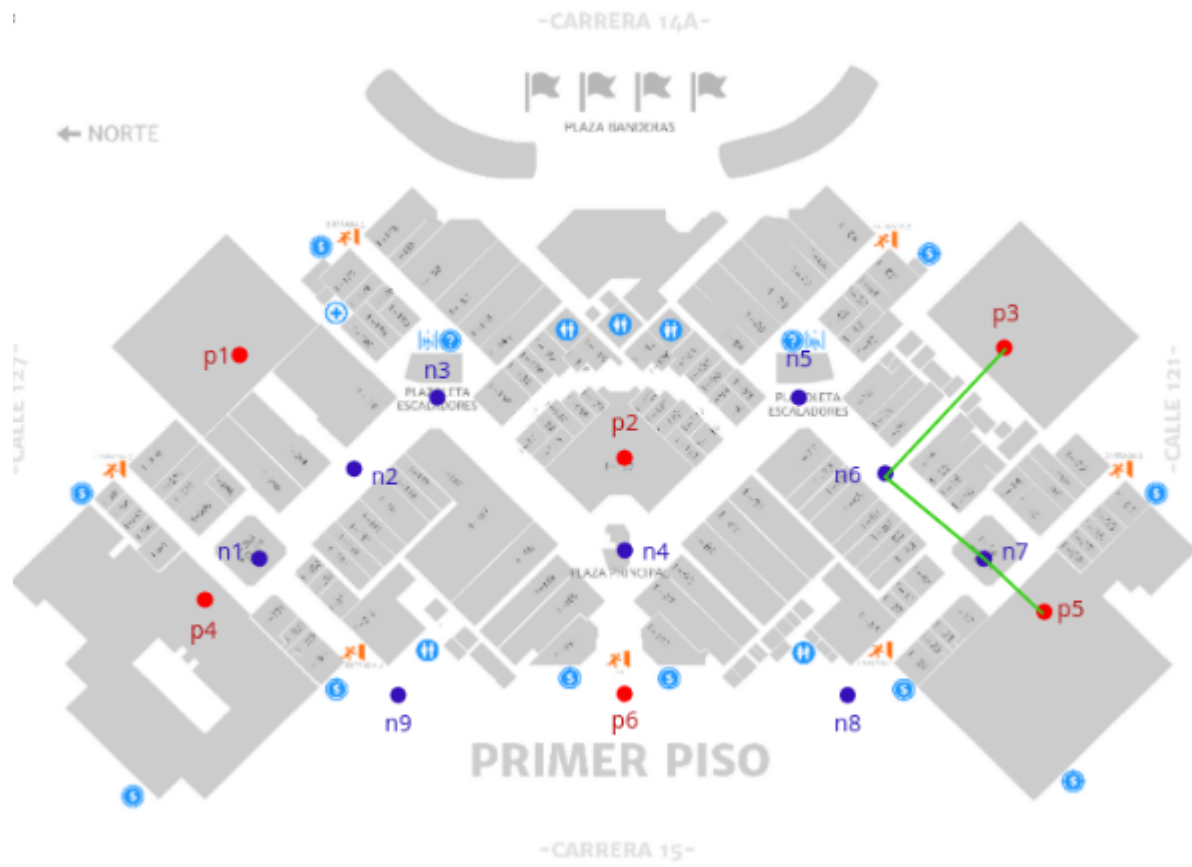


Figura 6.15: P5 a P3



Figura 6.16: P3 a P2

6.5. DESARROLLO APP ANDROID-ADMINISTRADOR

Lazarillo manager es una plataforma para la administración de mapas, lugares, tags y rutas de los establecimientos comerciales asociados a la plataforma de Lazarillo App. El módulo cuenta con la capacidad de realizar modificaciones sobre los distintos establecimientos, sincronizar con un servidor y permitir que la aplicación móvil cuente con información reciente. El flujo lógico del programa consiste en la carga de un mapa para realizar su respectiva configuración, paso seguido empieza la configuración de las aéreas, locales comerciales, inicialmente cada punto configurado dentro del mapa aparece como un nodo genérico, es decir un nodo de paso, pero se puede llegar a establecer como un local comercial con un nombre y unos tags que son identificadores para establecer relaciones entre los locales. Para que Lazarillo App y Lazarillo manager sean compatibles se establece una estructura en el documento de configuración así:

- o Encabezado de documento

```
"<!-- Lazarillo App File --!>"
```

Cada uno de los archivos generados por Lazarillo Manager cuentan con este encabezado único que permite tanto a la aplicación móvil como al administrador ignorar otro tipo de archivos diferentes al de la aplicación, además permite que los programas validen la existencia de archivos correctamente generados y listos para usar.

- Estructura del documento
- Listado de nombres del establecimiento: este listado es el punto guía para establecer las relaciones entre cada uno de los nodos del mapa, permite tener acceso a cada uno de los nombres para así luego determinar las características de cada uno de los puntos. Su estructura corresponde a la siguiente muestra:

```

"pointsName":
[ "Deli",
"Caretas",
"Mercedes Campuzano",
"Ambiente Gourmet",
"Imusa", "L 1-278",
"L 1-274", "Adidas",
"Adidas 2", "Adidas 3",
"La Riviera", "L 1-244",
... ]

```

- Mapeo: La siguiente estructura se basa en el modelo de objetos establecidos en javascript JSON, el mapeo permite saber las relaciones existentes entre los nodos y las distancias respectivas entre cada uno de los puntos para que al implementar el algoritmo de Dijkstra la carga computacional del sistema sea menor y el procesamiento sea mas rápido.

```

"145": { "144": 78.93111704918037, <— distancia entre el nodo
"144"
"Davivienda":128.062895207683,
"OPTICALIA":84.13123259171755,
"Entrada 2": 165.11302119318418 },

```

Como se puede observar en la estructura, cada nodo tendrá solo los puntos que por definición establecida el usuario de lazarillo manager

Características de los nodos: Cada uno de los nodos es configurable y cuenta con los siguientes campos:

- rol : indica el tipo de nodo que será, si se configura como "store" corresponderá a un local comercial, en caso de ser configurado como nodo será un punto de paso y no se mostrara en Lazarillo App
- Visible : configuración para ocultar el nodo y así facilitar el trabajo de configurar otros nodos en el mapa

"x" y "y" : coordenadas relativas al mapa para conocer su ubicación y poder renderizarlos en el mapa

- Tags : Identificadores para realizar la asociación de diferentes establecimientos comerciales con una finalidad de lucro similar

- Descripción: Texto que será mostrado al usuario dentro del aplicativo móvil para obtener información precisa sobre la labor del establecimiento.
- NFC : Si el local o el nodo están cuentan con el localizador, en este campo se añade el serial del tag para que Lazarillo App sea capaz de reconocerlo y llevar al usuario a la posición establecida.

```

"Imusa":
{ "rol": "store",
"visible": true,
"x": 632.37139272271,
"y": 2107.4246654119615,
"tags": [ "hogar y decoración" ],
"descripción": "IMUSA es la compañía del Groupe
SEB que piensa, crea, diseña y ofrece los mejores
productos para la cocina, el hogar y
las instituciones.
\nLOCAL 1-243\nHORARIOS\nLJ
10am-8pm\nVS 10am-8:30pm\nD11am-7pm",
"NFC": "" },

```

Estructura de Zonas y aéreas: las zonas corresponden al establecimiento comercial asociado y a la plataforma y las aéreas son espacios pre establecido dentro de la zona, cada zona puede tener diferentes aéreas, no deben existir zonas con el mismo nombre, sin embargo zonas de diferentes nombres pueden tener aéreas con nombres iguales a las de otras zonas. Adicionalmente y con fines de organización cada zona cuenta con su archivo de configuración que cumple con los parámetros establecidos anteriormente.

MODO DE USO

Dentro del modulo del administrador se encontraran 3 opciones. Archivo, edición y herramientas.

Archivo Se encontraran cuatro opciones

- **Nuevo** donde se cargara la imagen o mapa para realizar la respectiva configuración como se ve en la figura 6.17.

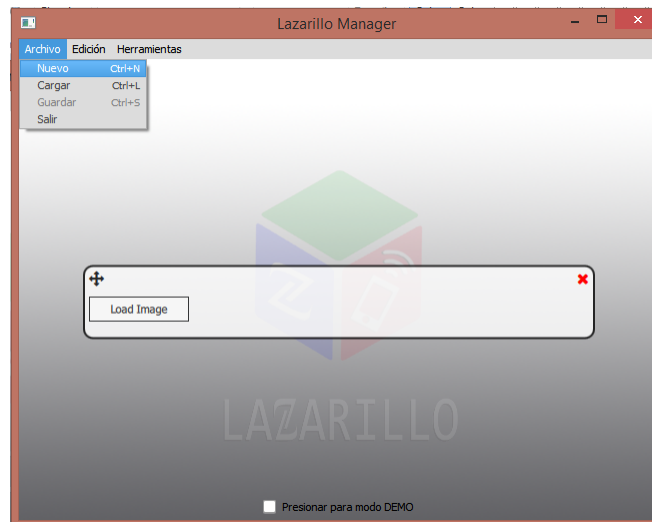


Figura 6.17: Lazarillo manager

- **Cargar** donde se procedera a seleccionar el modo de carga siendo las opciones local o por el servidor como se muestra en la figura 6.18.

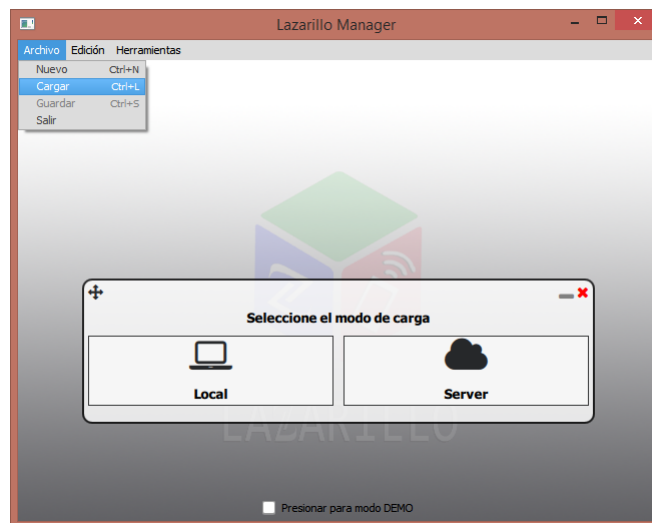


Figura 6.18: Lazarillo Manager cargar

- **Guardar** donde se tendra la opción de seleccionar el destino del archivo tal como se muestra en la figura 6.19.

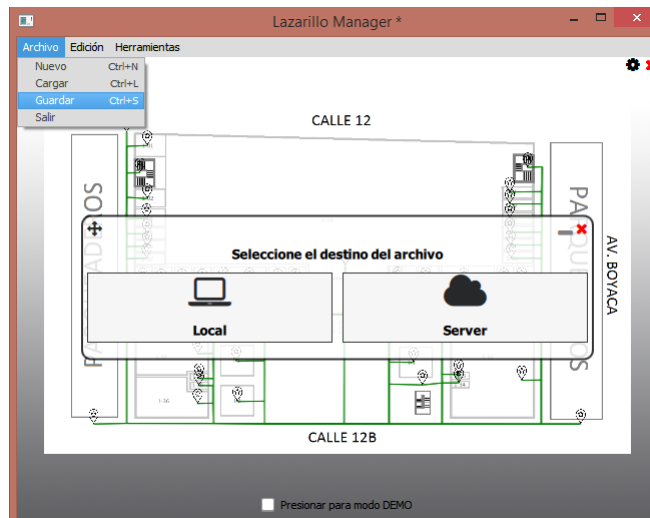


Figura 6.19: Lazarillo Manager Guardar

Edición Dentro de esta opción podemos encontrar la información referente a la aplicación, tiene como acceso directo de teclado Ctrl+R. Figura 6.20.

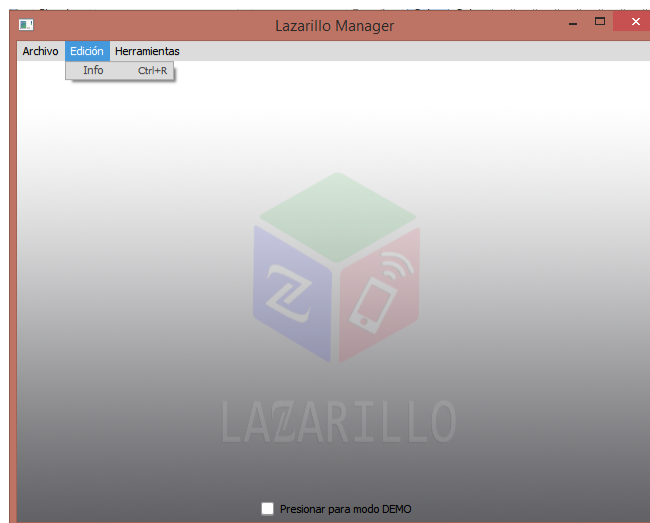


Figura 6.20: Lazarillo Manager edicion

Herramientas Dentro de esta se encontraran las opciones de cambiar imagen cuando se esten haciendo cambios en los mapas, como tambien borrar todos los puntos puestos en el mapa y toda la configuras dentro de estos. Figura 6.21.

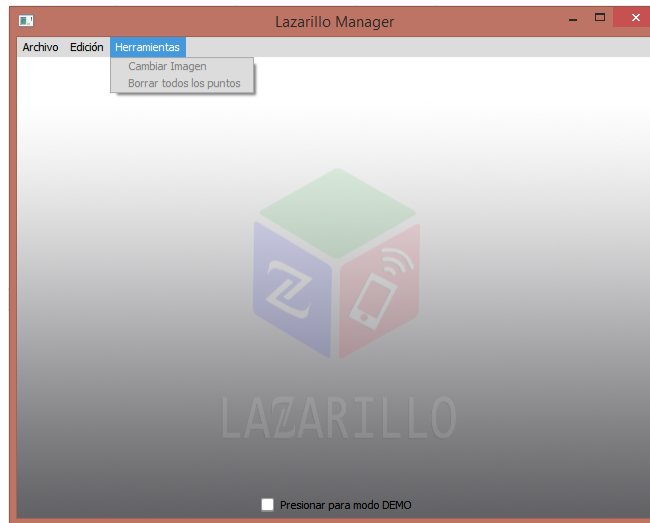


Figura 6.21: Lazarillo Manager herramientas

Para la parte de configuración de cada uno de los puntos de acceso puestos en el mapa cargado se tienen varias opciones como las mostradas en la figura 6.22, primero se puede observar que nos muestra el punto a configurar en color rojo después tenemos las opciones de editar el punto cambiando el nombre, el tipo, los tags que lo identifican y los puntos a los que está redireccionado. Al lado del botón de editar se encuentra la opción de eliminar y también de hacer el punto visible al usuario o no.

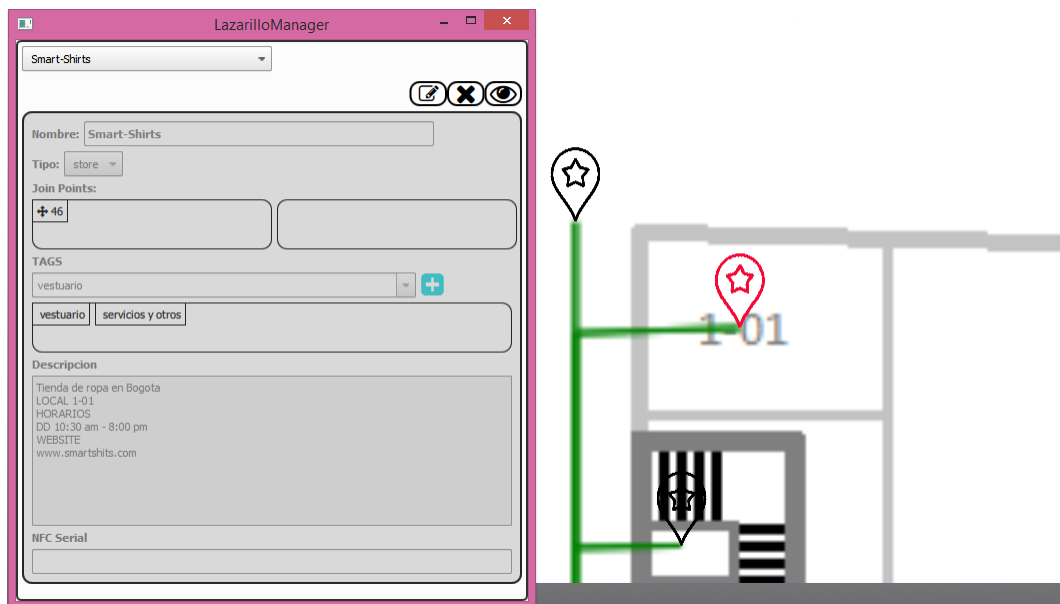


Figura 6.22: Configuración Lazarillo Manager

6.6. DESARROLLO APP ANDROID USUARIO

Lazarillo App

- **Sincronizador** El sincronizador es un método que consiste en un cliente que realiza peticiones al servidor con las configuraciones establecidas desde Lazarillo manager, verifica la última fecha de modificación del fichero subido y bajado en el dispositivo móvil, valida cambios y actualiza los mapas y cada una de las zonas establecidas, adicionalmente permite a la aplicación funcionar offline y mejora el rendimiento del aplicativo, reduce el consumo de datos y optimiza los procesos de cálculos de rutas.
- **Carga de mapas** La estructura planteada en el módulo de Lazarillo manager resulta ser completamente compatible con Lazarillo App, donde las validaciones para el acceso de zonas y aéreas dan la carta guía para que el usuario interactúe fácilmente, los mapas al estar cargados en el aplicativo optimizan las respuestas de los mapeados, adicional al manejar Qml una estructura de capas evita renderizar el mapa cada vez que se calcula una ruta. Encaso de cambios en la trayectoria a seguir solo es necesario pintar solo el camino ahorrando así trabajo para el móvil. -Integración del TSP con Dijkstra para planeamiento de rutas
- **Integración TSP con Dijkstra** El algoritmo del viajero se usa como primer filtro para determinar qué locales se encuentran más cerca el uno del otro ya sea que se hayan elegido uno a uno o que se haya realizado el filtrado mediante el tal. Una vez se conocen los puntos cercanos se recurre a integrar el algoritmo de Dijkstra para mediante el mapeado determinar la ruta óptima para llegar a cada uno de los puntos seleccionados mediante el TSP

MODO DE USO

La interfaz de usuario se divide en varias páginas.

En la primera oportunidad que el usuario descarga la app esta pedirá una sincronización de inicio como se muestra en la figura 6.23, se le sugiere al usuario utilizar una red WiFi al momento de realizar la primera sincronización para evitar el gasto de datos ya que esta por contener los mapas y demás elementos tendrá un tiempo y un uso de datos elevados, si la sincronización es correcta se mostrará un mensaje como en la imagen de la parte izquierda de la figura 6.24.

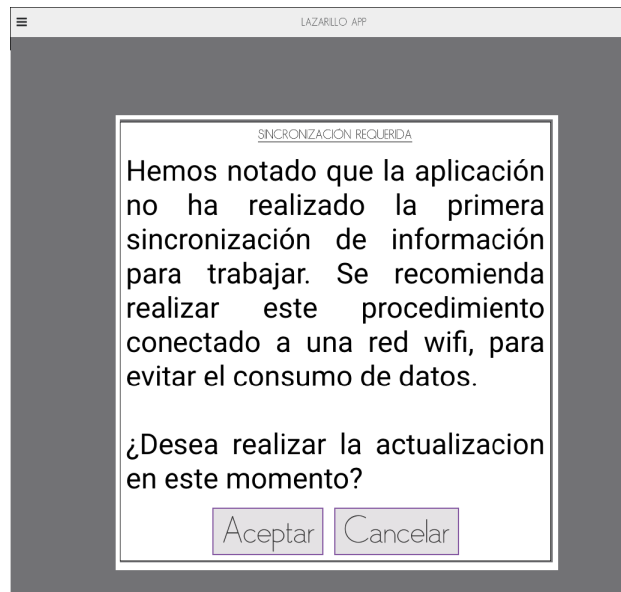


Figura 6.23: Sincronización de inicio

Si la sincronización no pudo ser realizada de forma correcta por un error de comunicación con el servidor, error generalmente presentado por una caída en la red aparecerá un mensaje como en la imagen de la parte derecha de la figura 6.24

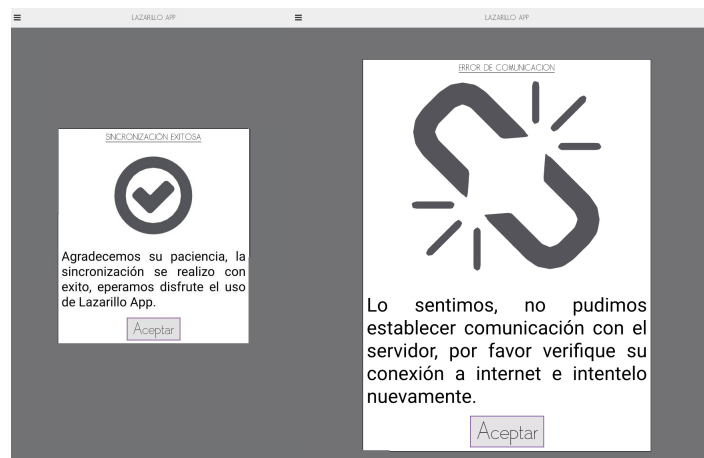


Figura 6.24: Error de comunicación

Al momento de dar click en el botón de inicio mostrado en la figura 6.25, se desplegarán las opciones dentro de la app, para iniciar seleccionamos localización donde se mostrarán dos botones como se muestran en la figura 6.26



Figura 6.25: Punto de inicio app



Figura 6.26: modo de busqueda

El boton NFC dará al usuario la opción de tomar el punto de inicio el punto donde está ubicado uno de los dispositivos Lazarillo, si el dispositivo utilizado por el usuario posee el sensor NFC saldra un mensaje como el mostrado en la imagen izquierda de la figura 6.27 pero si el usuario no posee uno de estos ó el sensor esta desactivado se mostrada un mensaje como el mostrado en la imagen derecha en la figura 6.27.



Figura 6.27: NFC app

Si se utilizó el dispositivo NFC Lazarillo el usuario ya tendrá el punto de inicio y podrá realizar la búsqueda del local ó ruta a visitar.

Si el usuario decide hacerlo de forma manual ya sea por falta de un dispositivo sin sensor NFC o por no hallar un dispositivo NFC Lazarillo cerca, tendrá la opción de elegir el establecimiento donde va a realizar la búsqueda tal y como se muestra en la figura 6.28. Después de esto el usuario seleccionará dentro del mapa su punto de inicial.



Figura 6.28: opción ubicación

Ya con el mapa cargado y el punto inicial dado, el usuario tendrá dos opciones, realizar la búsqueda del local por nombre donde el usuario podrá escoger una o más y encontrar la ruta a tomar para hacer la vista de estos en orden de distancia, es decir, desde el local más próximo hasta el más lejano, mientras en la segunda se encontrarán las categorías en las cuales están clasificados los distintos locales en donde el usuario podrá escoger una o más para visitar y así trazar la ruta a seguir.

Dentro de cada local el usuario podrá encontrar información sobre cada uno de estos, como horarios, número de local y sus categorías.

En la figura 6.29 se puede observar el funcionamiento entre el manger Lazarillo y la App.

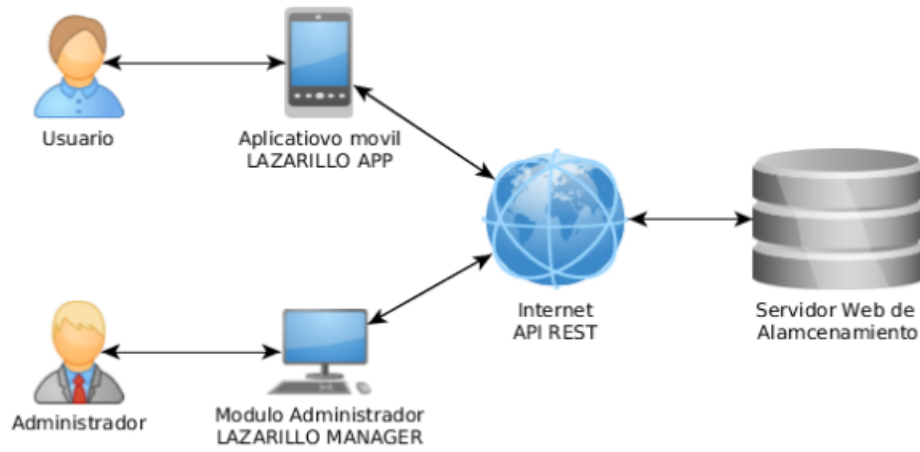


Figura 6.29: Funcionamiento Manger y App

Capítulo 7

CONCLUSIONES

- Lazarillo que cuenta como un desarrollo tecnológico, en la parte mecánica cuenta con un dispositivo que no requiere de una fuente de alimentación externa como es el chip NFC su elaboración se realizó bajo la impresión 3D esto lo hace un dispositivo económico, accesible, sostenible y ergonómico fácilmente adaptable al entorno y a los dispositivos móviles que existen en el mercado como también resistente a los diferentes climas lo cual favorece a su instalación en cualquier región del país como también en cualquier parte del establecimiento.
- Desarrollo de una aplicación móvil en Android con el fin de ayudar a resolver un problema muy común que se encuentra en el momento de visitar un establecimiento y encontrar un punto en específico, ya sea un local, un consultorio o un producto, esto se logro utilizando los conocimientos adquiridos a lo largo de estos semestres, implementando conceptos del área de electrónica como el chip NFC que permite conocer la ubicación espacial del usuario, robótica la cual se evidencia en el cálculo de la trayectoria guiando al usuario por la ruta más corta favoreciendo esto a la actividad económica del establecimiento y ayudando a la organización de su tiempo gracias al fácil manejo de la aplicación móvil.
- Realización de una investigación para la implementación de una IMU con un dispositivo móvil, realizando diferentes programas pilotos y pruebas con diferentes móviles, se llego a la conclusión de que no solo con los sensores básicos con los que cuenta el móvil como lo son el acelerómetro y giroscopio se puede realizar un estimado de la posición ni del desplazamiento del usuario, todo esto mostrado en el cuarto capítulo de este documento.

Capítulo 8

TRABAJO FUTURO

- Una importante línea futura a estudiar es un dispositivo de almacenaje inalámbrico con más capacidad de datos como también aumentar la exactitud de la estimación de la posición del usuario utilizando diferentes métodos como la triangulación WiFi, y la implementación de una IMU dentro de la aplicación.
- Incluir mas información del establecimiento como lo son promociones del día, cantidad de usuarios dentro lo cual le ayudara a calcular el tiempo de atención o el tiempo que empleara en su visita.

Bibliografía

- [1] A, A. E. (10 de 12 de 2014). Los 4 verbos de HTTP: get, post, put, delete. Recuperado el 2016, de edwinabot: <https://edwinabot.com/los-4-verbos-de-http-get-post-put-delete/>
- [2] 2006NTAG213.(s.f.). Recuperado el 2016, de https://www.nxp.com/products/identification-and-security/smart-label-and-tag-ics/ntag/nfc-forum-type-2-tag-compliant-ic-with-144-504-888-bytes-user-memory:NTAG213_215_216
- [3] ABC, D. (s.f.). Definición de HTTP. Recuperado el 2016, de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/http.php>
- [4] Abichandani, P. (s.f.). Accelerometer. Recuperado el 2016, de <http://www.matlabarduino.org/accelerometers.html>
- [5] Acrilico. (s.f.). Recuperado el 2015, de <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico.html>
- [6] Aleaciones para la ingeniería. (s.f.). Recuperado el abril de 2015, de http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/fcm13_4.html
- [7] Alfaro, L. C. (diciembre de 2005). Diseño y construcción de un convertidor controlador CA-CD monofásico. Recuperado el 4 de enero de 2015, de <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0532t.pdf>
- [8] Andrés, C. R. (2013). Cinematica de manipuladores. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- [9] Android Studio.(s.f.). Recuperado el 2016, de <http://developer.android.com/sdk/Index.html>
- [10] Arduino, M. (21 de 05 de 2013). Recuperado el 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=jfptwZSG5WA>
- [11] Areatecnologia. (s.f.). sistemas inalámbricos. Recuperado el 2014, de <http://www.areatecnologia.com/electronica/sistemas-inalambricos.html>
- [12] Asier, M. (11 de 04 de 2013). Conceptos sobre APIs REST. Recuperado el 2016, de <http://asiermarques.com/2013/conceptos-sobre-apis-rest/>
- [13] aula clic. (junio de 2005). Obtenido de <http://www.aula clic.es/articulos/wifi.html>

- [14] Bermudez Gina, N. L. (2003). Protocolo TCP/IP. Recuperado el 2016, de <http://protocolotcpip.galeon.com/>
- [15] Blog. (2014). Calculating distances using accelerometer. Obtenido de <https://stackoverflow.com/questions/17572769/calculating-distances-using-accelerometer>
- [16] Butrich, S., Butler, J., Pietrosevoli, E., Zennaro, M., Fonda, C., Okay, S., y otros. (2013). Redes, inalámbricas en los países en desarrollo. licencia creative commons attribution.
- [17] C.Escobar. (19 de 06 de 2013). impresoras3D. Recuperado el 2015, de <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102837127-abs-y-pla-diferencias-ventajas-y-desventajas>
- [18] Chalker, P. P.-a. (19 de junio de 2011). GitHub qmlweb. Obtenido de <https://github.com/qmlweb/qmlweb>
- [19] ChRobotics. (s.f.). Understanding Euler Angles. Recuperado el 2016, de <http://www.chrobotics.com/library/understanding-euler-angles>
- [20] ChRobotics. (s.f.). Using Accelerometers to Estimate Position and Velocity. Recuperado el 2016, de <http://www.chrobotics.com/library/accel-position-velocity>
- [21] Colciencias. (2005-2015). Innovacion y desarrollo tecnologico empresarial colombiano en un contexto de globalizacion. Obtenido de http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/files/Plan_Estrategico_CTI_Industria_2005_2010.pdf
- [22] Computer Hoy. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://computerhoy.com/noticias/internet/llegan-balizas-informativas-que-sirven-9282>
- [23] computer información. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://ordenador.wingwit.com/Redes/wireless-networking/81901.html>
- [24] comunicación, H. W. (s.f.). El protocolo HTTP. Recuperado el 2016, de <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/aplicacion/http.html>
- [25] confuted. (2011). Using Quaternion to Perform 3D rotation. Recuperado el 2016, de <http://www.cprogramming.com/tutorial/3d/quaternions.html>
- [26] EcuRed. (s.f.). EcuRed. Obtenido de https://www.ecured.cu/Algoritmo_de_Dijkstra#Caracter.C3.ADsticas_del_algoritmo
- [27] El Asri, L. (26 de 06 de 2014). el diario. Recuperado el 2015, de hoja de router: http://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/acelerometro-funciones-giroscopio-GPS-interior-magnetometro-sensor-sensor_de_humedad-sensor_de_temperatura-telefono_movil_0_275772515.html
- [28] Erasmo Lopez, O. S. (2012). scielo. Recuperado el 2016, de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rmta/v21n1/a08v21n1.pdf>

- [29] esther. (20 de noviembre de 2014). el blog verde. Recuperado el 2015, de <http://elblogverde.com/materiales-biodegradables/>
- [30] Estimote. (2012). Recuperado el 2015, de <https://estimote.com/>
- [31] G, S. D. Transformation of kinematical quantities from rotating into static coordinate system. Bulgaria: Faculty of Engineering and Pedagogy in Sliven.
- [32] Gade, K. (09 de 2009). navlab. Obtenido de http://www.navlab.net/Publications/Introduction_to_Inertial_Navigation_and_Kalman_Filtering.pdf
- [33] Guerrero, J. A. (mayo de 2007). Redes inalámbricas wireless Lan. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- [34] Gutierrez, A. (2015). Router con WIFI. Recuperado el 2015, de <http://windowsespanol.about.com/od/RedesYDispositivos/a/Router-Con-WiFi.htm>
- [35] Gutierrez, A. (2015). USB Wifi y otros adaptadores. Recuperado el 2015, de <http://windowsespanol.about.com/od/RedesYDispositivos/tp/Usb-WiFi.htm>
- [36] Harry, S. (12 de 05 de 2011). Matlab Kalman Filter. Obtenido de <http://enginius.tistory.com/m/220>
- [37] hatt0002. (13 de 02 de 2015). velocity from acceleration. Obtenido de <https://www.i2cdevlib.com/forums/topic/312-velocity-from-acceleration/>
- [38] <https://www.control.isy.liu.se/student/tsrt14/file/orientation.pdf>. (2014). Orientation Estimation using Smartphone Sensor. Reglerteknik Automatic Control.
- [39] <https://courses.cs.washington.edu/courses/cse466/11au/calendar/14-StateEstimation-posted.pdf>. State Estimation with a Kalman Filter.
- [40] iBeacon. (s.f.). estimote. Obtenido de <http://estimote.com/>
- [41] Informatizarte. (06 de 02 de 2013). Informatizarte. Recuperado el 2016, de <http://informatizarte.com.ar/blog/?p=1728>
- [42] ingenieria industrial. (s.f.). Recuperado el 2017, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/problema-del-agente-viajero-tsp/>
- [43] Jariasf. (s.f.). Algorithms and more. Obtenido de <https://jariasf.wordpress.com/2012/03/19/camino-mas-corto-algoritmo-de-dijkstra/>
- [44] Kleeman, L. (s.f.). biorobotics. Obtenido de http://biorobotics.ri.cmu.edu/papers/sbp_papers/integrated3/kleeman_kalman_basics.pdf
- [45] Kristian, P. L. (17 de Diciembre de 2012). TKJ Electrónica. Obtenido de <http://blog.tkjelectronics.dk/2012/09/a-practical-approach-to-kalman-filter-and-how-to-implement-it/>

- [46] L, A. R. (05 de 2014). Universidad Nacional de Colombia sede Medellín . Recuperado el 2016, de Acelerómetro del celular: http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/ensenanza_fisica_mecanica/acelerometro_celular_physicsensor.pdf
- [47] Lauszus. (09 de abril de 2011). Arduino, Guide to gyro and accelerometer with arduino including Kalman Filtering. Obtenido de <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=58048.0>
- [48] Lauszus, J. G. (12 de Agosto de 2012). GitHub TKJElectronics Filtro de Kalman. Obtenido de <https://github.com/TKJElectronics/KalmanFilter>
- [49] Linares, I. (4 de 07 de 2016). el android libre. Recuperado el 2016, de Giroscopio ¿que es y que ocurre si mi movil no lo tiene?
- [50] Lorena, H. (13 de Febrero de 2014). Tecnología para corredores: ¿GPS o acelerómetro? Obtenido de <http://blog.running.decathlon.es/tecnologia-para-corredores-gps-o-acelerometro/>
- [51] Macedo, R. (23 de 12 de 2012). ciencia e ingenieria. Recuperado el 2015, de <http://www.cienciaeingenieria.com/2012/12/acelerometro-magnetometros-y.html>
- [52] Malagón, P. C. (s.f.). búsqueda heurística. Recuperado el febrero de 2015, de http://www.nebrija.es/~cmalagon/ia/transparencias/busqueda_heuristica.pdf
- [53] Manuel, R. J. (18 de 09 de 2006). MathWorks, Kalman Filter Tutorial. Obtenido de <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/12307-kalman-filter-tutorial>
- [54] Martinez. (s.f.). descripcion del problema del agente viajero. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/martinez_g_ag/capitulo2.pdf
- [55] Martínez, O. (11 de 03 de 2013). Localización Indoor Multimodal. Valencia, España.
- [56] MathWorks. (s.f.). Design and use Kalman filters in Matlab and Simulink. Obtenido de <https://www.mathworks.com/discovery/kalman-filter.html>
- [57] MathWorks. (s.f.). Kalman. Obtenido de <http://www.mathworks.com/help/control/ref/kalman.html?requestedDomain=www.mathworks.com>
- [58] MathWorks. (s.f.). Radar Tracking. Obtenido de <http://www.mathworks.com/help/dsp/examples/radar-tracking.html>
- [59] medina, V. d. (2016). ácido poliláctico. Recuperado el 2016, de <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>
- [60] Microelectronics, S. (s.f.). Parameters and calibration of a low-g 3-axis accelerometer. Recuperado el 2016, de http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application_note/a0/f0/a0/62/3b/69/47/66/DM00119044.pdf/files/DM00119044.pdf/jcr:content/translations/en.DM00119044.pdf
- [58]

- [61] Naghizadeh, A. (24 de 11 de 2012). Stack overflow.
Obtenido de <https://stackoverflow.com/questions/13540310/blob-tracking-with-kalman-filter-in-opencv>
- [62] NTAG213/15/16. (s.f.). Recuperado el 2015, de http://www.nxp.com/documents/data_sheet/NTAG213_215_216.pdf
- [63] Parano, I. (27 de 02 de 2016). GitHub.
Recuperado el 2016, de GeneticAlgorithm-TSP: <https://github.com/parano/GeneticAlgorithm-TSP>
- [64] Pascual, J. A. (26 de abril de 2014). computerHoy. Recuperado el 1 de diciembre de 2014, de <http://computerhoy.com/noticias/internet/llegan-balizas-informativas-que-sirven-9282>
- [65] Pedley, M. (2013). Tilt Sensing Using a Three-Axis Accelerometer. Freescale Semiconductor.
- [66] Penalva, J. (25 de enero de 2011). XATAKA. Obtenido de <http://www.xataka.com/moviles/nfc-que-es-y-para-que-sirve>
- [67] Prieto Blázquez, J. introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos. universitat Oberta de Catalunya.
- [68] Protocolo HTTP. (s.f.). Recuperado el 2016,
de <https://profesores.virtual.uniandes.edu.co/~isis3710/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=temas:http-guia.pdf>
- [69] publico17. (s.f.). Alumnio. Recuperado el abril de 2015, de <http://www.utp.edu.co/~publico17/aluminio.htm>
- [70] QT. (2016). Documentación QT. Recuperado el 2016, de <http://doc.qt.io/qt-4.8/qml-webview.html>
- [71] Resources, M. A. (2012). geographic information systems: Concepts, Methodologies, Tool and Applications: Concepts, Methodologies, tools and applications. Estados Unidos: Information Science Reference.
- [72] Vergara V.C.C.(2012). Retiro centro comercial, en alianza con Nokia, lanza su aplicación móvil. Recuperado el 2015, de <http://www.revistapym.com.co/noticias/centros-comerciales/retiro-centro-comercial-alianza-nokia-lanza-su-aplicacion-movil>
- [73] Ribeiro, M. I. (2004). Kalman and Extended Kalman Filters: Concept, Derivation and Properties. Lisboa Portugal: Institute for Systems and Robotics, Instituto Superior Técnico .
- [74] robotics,R.t.(s.f.).IMU componentes y tecnologia. Recuperado el 2016, de http://www.robdosteam.com/wp-content/uploads/2016/12/08.IMU_.pdf
- [75] Rodriguez(editor), D. M. (2002). Sistemas inalámbricos de comunicación personal. México: marcombo.

- [76] Roy. (17 de 06 de 2014). Simple Kalman filter for tracking using openCV 2.2 code. Obtenido de <http://www.morethantechnical.com/2011/06/17/simple-kalman-filter-for-tracking-using-opencv-2-2-w-code/>
- [77] Se dispara en Colombia el consumo de las TIC. (26 de Septiembre de 2014). Portafolio .
- [78] Sensors, M. A.-G. (2014). Stack overflow. Recuperado el 2016, de <https://stackoverflow.com/questions/19727298/my-algorithm-to-calculate-position-of-smartphone-gps-and-sensors>
- [79] Seth, R. (21 de 02 de 2014). Cnet. Recuperado el 2016, de Proyecto tango de Google: <https://www.cnet.com/es/noticias/el-proyecto-tango-de-google-despliega-una-nueva-tecnologia-de-creacion-de-mapas/>
- [80] Smart-gsm. (s.f.). Lenovo Phab 2 Pro. Recuperado el 2016, de <http://www.smart-gsm.com/moviles/lenovo-phab-2-pro>
- [81] sostenibilidad. (s.f.). Recuperado el febrero de 2015, de <http://www.sostenibilidad.com/que-son-bioplásticos>
- [82] specialists, t. s. (s.f.). allsealsinc. Recuperado el febrero de 2015, de <http://www.allsealsinc.com/Material-Selecting-Rubber-Compounds.html>
- [83] Stevengj, r. a.-f. (2 de 06 de 2002-2016). GitHub FFTW. Obtenido de <https://github.com/FFTW/fftw3>
- [84] Tango, G. (2016). Api Tango. Obtenido de <https://www.theverge.com/2016/2/23/11094020/google-lenovo-project-tango-indoor-navigation>
- [85] TCP, E. p. (s.f.). Herramientas web. Recuperado el 2016, de <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/transporte/tcp.html>
- [86] Tecnologia, a. (s.f.). Balizas informativas. Recuperado el 2015, de <http://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/balizas-informativas.html>
- [87] Tecnologia, a. (s.f.). bluetooth LE o Low Energy. Recuperado el 2014, de <http://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/bluetooth-le.html>
- [88] Tecnomuseo. (s.f.). tecnomuseo. Obtenido de <http://www.tecnomuseo.es/balizas.html>
- [89] The Kalman Filter. (s.f.). Obtenido de <http://stanford.edu/class/ee363/lectures/kf.pdf>
- [90] Time, C. t. (s.f.). Stack overflow. Recuperado el 2016, de <https://stackoverflow.com/questions/153507/calculate-the-position-of-an-accelerating-body-after-a-certain-time>
- [91] Torcoroma, f. (23 de julio de 2012). Fisica decimo y once. Obtenido de <http://fisicaparadecimoyonce.blogspot.com.co/2012/07/mua.html>

- [92] Ultra Plas, S. (2015). acrilico y policarbonato. Recuperado el 2015, de <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico.html>
- [93] UNAL. (s.f.). estudiar inteligencia artificial. Obtenido de <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/115/18.html>
- [94] User3056585. (02 de 12 de 2013). Android help. Obtenido de <http://es.androids.help/q1091>
- [95] Vara Rodríguez, D. (2014). Sistemas para determinar la posición y orientación de herramientas quirúrgicas en operaciones de cirugía laparoscópica. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- [96] Vistronica, (2016). Recuperado el 2016, de <https://www.vistronica.com/imu/>
- [97] Welch Greg, B. G. (2001). An introduction to the Kalman Filter. Obtenido de http://www.cs.unc.edu/~tracker/media/pdf/SIGGRAPH2001_CoursePack_08.pdf
- [98] Welch Greg, B. G. (2006). An Introduction to the Kalman Filter. North Carolina: University of North Carolina at Chapel Hill.
- [99] Wifi, c. (15 de noviembre de 2014). WiFi direct. Recuperado el 2014, de <http://www.compartirwifi.com/blog/wifi-direct-para-que-sirve/>
- [100] Zamora, J. A. (18 de 05 de 2104). El android libre. Recuperado el 2015, de <http://www.elandroidelibre.com/2014/05/xamarin-la-api-para-crear-aplicaciones-multiplataforma-en-c-net.html>

Apéndice A

ANEXOS

A.1. Filtro de Kalman

Código fuente en Matlab para implementar el filtro de Kalman en las señales del acelerómetro del celular Sony C1904

```
Function y= kalman_filter(x,A,B,C,R,Q)
    if ~isvector(x)
        error('Input must be a vector')
    end
    y=[];
    u=0;
    z=NaN;
    conv= NaN;

    for i = 1 : 1 : length(x)
        if(isnan(z))
            z=(1/C)*x(i);
            conv=(1/C)*Q*(1/C);
        else
            predX=(A*z)+(B*u);
            predConv=((A*conv)*A)+R;
            K=predConv*C*(1/((C*predConv*C)+Q));
            z=predX+K*(x(i)-(C*predX));
            conv=predConv-(K*C*predConv);
            y(i)=z;
        end
    end
end
```

A.2. Calibración cuadrática

```

function [ConstX, ConstY, ConstZ] = calibCuadratic(data_XY, data_YZ, data_XZ)
    ConstX.a = 0; ConstX.b = 0; ConstX.c = 0;
        ConstY.a = 0; ConstY.b = 0; ConstY.c = 0;
            ConstZ.a = 0; ConstZ.b = 0; ConstZ.c = 0;

mean_XY.x=mean(data_XY.accX);
mean_XY.y=mean(data_XY.accY);
mean_XY.z=mean(data_XY.accZ);
mean_YZ.x=mean(data_YZ.accX);
mean_YZ.y=mean(data_YZ.accY);
mean_YZ.z=mean(data_YZ.accZ);
mean_XZ.x=mean(data_XZ.accX);
mean_XZ.y=mean(data_XZ.accY);
mean_XZ.z=mean(data_XZ.accZ);

X = [0 , pi/4 , pi/2];
Y = [mean_XY.x, 0 , mean_XZ.x];
Fx = RegresionPolinomial(X,Y);
coffs = coeffs(Fx);
ConstX.a = double(coffs(3));
ConstX.b = double(coffs(2));
ConstX.c = double(coffs(1));

Y = [mean_XY.y, 0 , mean_YZ.y];
Fy = RegresionPolinomial(X,Y);
coffs = coeffs(Fy);
ConstY.a = double(coffs(3));
ConstY.b = double(coffs(2));
ConstY.c = double(coffs(1));
Y = [mean_XZ.z, 0 , mean_YZ.z];
Fy = RegresionPolinomial(X,Y);
coffs = coeffs(Fy);
ConstZ.a = double(coffs(3));
ConstZ.b = double(coffs(2));
ConstZ.c = double(coffs(1));

Y = [mean_XZ.z, 0 , mean_YZ.z];

```

```
Fz = RegresionPolinomial(X,Y);  
coffs = coeffs(Fy);  
ConstZ.a = double(coffs(3));  
ConstZ.b = double(coffs(2));  
ConstZ.c = double(coffs(1));  
  
end
```