

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

López Guahuña, Jesús David. Y Medina Cossio, Karen Andrea

u1801806@gmail.com

u1801816@gmail.com

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

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 a 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

Índice de Términos— Red inalámbrica, aplicaciones móviles, materiales ergonómicos y ambientales, centro comercial, navegación, planeación de trayectorias, inteligencia artificial, comunicaciones, factibilidad empresarial.

I. 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 evaluarán 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.

II. ANTECEDENTES

A. BALIZAS INFORMATIVAS

“Son unos dispositivos transmisores que emiten una señal bluetooth LE mostrados en la figura 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.”[12].



Figura 1 Balizas informativas¹

B. ESTIMOTE BALIZAS Y PEGATINAS

“Son pequeños sensores inalámbricos que puede adjuntar a cualquier lugar u objeto Figura 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.” [3].

¹http://cdn3.computerhoy.com/sites/computerhoy.com/files/editores/user-11130/balizas2_0.jpg



Figura 2 Estimote²

C. 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. [11].

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. [10].

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.

D. 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.

E. APLICACIÓN MÓVIL RETIRO CENTRO COMERCIAL

En el 2012 uno de los más exclusivos centros comerciales se unió al fabricante de celulares Nokia para desarrollar una aplicación que permite a los usuarios interesados en tener dentro de sí 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.[9].

III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA Y ESTUDIO ECONÓMICO

A. COSTOS FINALES

- Chip NFC NTAG216 [1] con recubrimiento comprado por medio de mercado libre Colombia.
- Software Qt descargado de la página oficial
- Diseño impresión 3D [2] realizado con la empresa Condori a 200 micras y 20% de densidad en PLA negro.

Tabla 1 Costos finales

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

² <http://www.sinergialabs.com/wp-content/uploads/2015/09/estimote-ibeacons-800px.png>

Los elementos, software y material utilizado al final como se muestra en la tabla 1 fueron cuidadosamente escogidos, el chip NFC aunque no es el más 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.

B. MATERIAL Y DISEÑO FINAL

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



Figura 3 Tapa delantera lazarillo



Figura 4 Tapa trasera lazarillo

IV. DESARROLLO SOFTWARE LOCALIZACIÓN

A. 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 varias 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.

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.

B. 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 del ángulo en estado estacionario, colocando el móvil en los tres estados XX, XY y YZ.

A partir de estos nos planteamos la matriz de rotación con los ángulos de Euler.

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

Ecuación 1 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.

Conclusión 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.

C. Filtro de Kalman y calibración del sensor

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 siendo están el orden mostrado para cada posición siendo esta posición XY, XZ y YZ

1. Adquisición de la señal

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

2. Desviación estándar

$$desviacione = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

3. Media de la

$$media = \sum_{x_i}^n (x_i - \bar{x})^2$$

x_i Son las muestras obtenidas de la distribución dada por el sensor.

4. Distribución normal

$$n(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{x-\mu}{\sigma} \right]^2} \quad -\infty < x < \infty$$

$$\begin{cases} \mu = 3,14159 \dots \\ \sigma = 2,71828 \dots \end{cases}$$

FILTRO DE KALMAN

```
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
```

```
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
```

CONCLUSIÓN DE LA PRUEBA

Con ayuda de la tabla 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.

CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

```
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));
```

Tabla 2 Comportamiento gravedad con los 5 analisis

	POSICION XY	POSICION YZ	POSICION XZ
SENSOR	9.895369	9.529056	9.751501
KALMAN	9.893477	9.527697	9.749746
CALIBRACION	9.807667	9.808703	9.809277
KALMAN-CALIBRACION	9.806892	9.808300	9.808462
CALIBRACION-KALMAN	9.805773	9.807323	9.807511

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.

V. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO

A. Problema del agente viajero

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

Este algoritmo utilizado para la solución de la trayectoria 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 u obstáculos presentes en el mapa a recorrer.

B. 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 5 y se observa la ruta marcada, Figura 6.

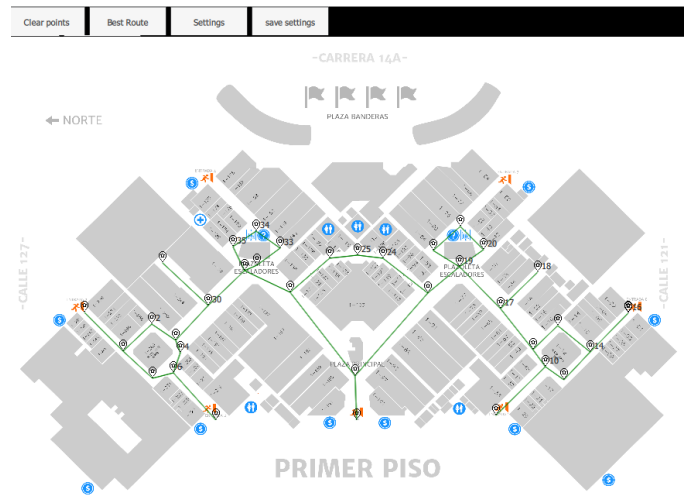


Figura 6 Unicentro

2. Se selecciona el punto de inicio y el punto final dentro del mapa. Figura 7.

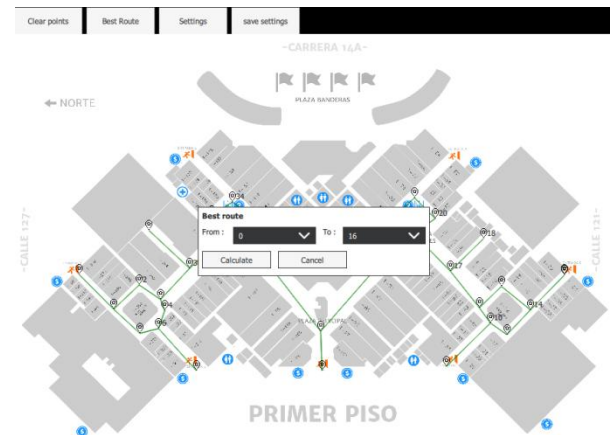


Figura 7 Unicentro punto inicial

3. Algoritmo Dijkstra, 1 solución y solución final ó camino más cortó encontrado. Figura 8.

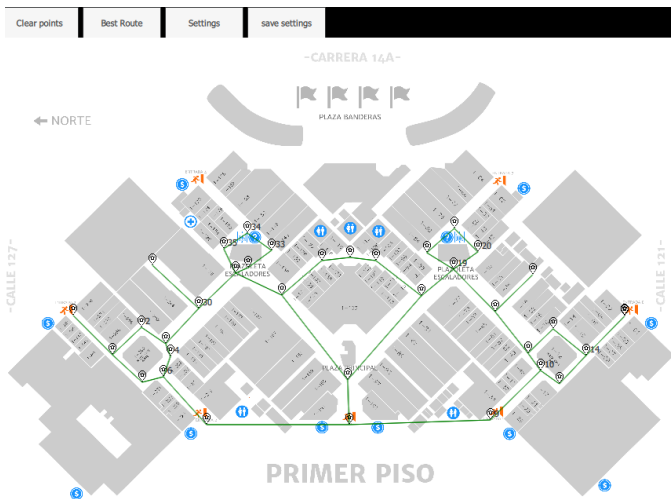


Figura 5 Unicentro dadas por TSP

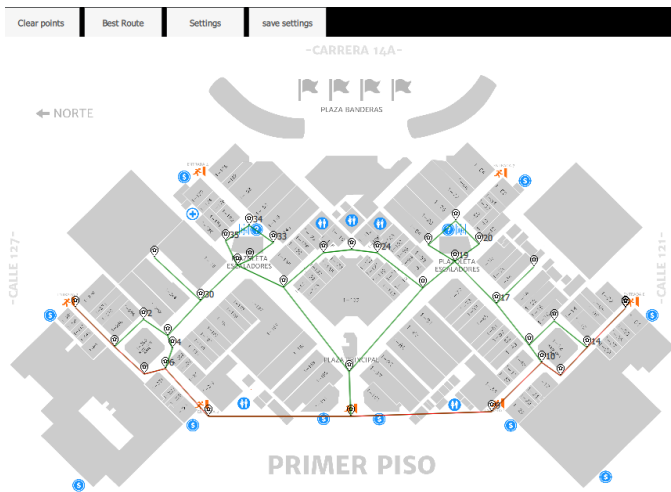


Figura 8 Unicentro algoritmo Dijkstra

C. 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 9 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 9 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 10.

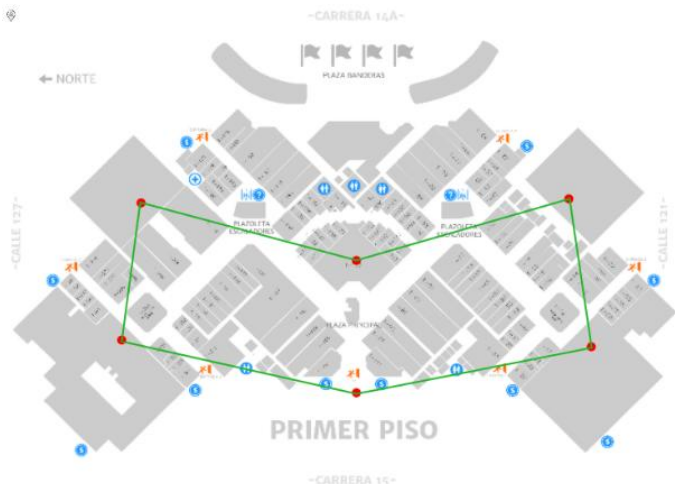


Figura 10 Trayectoria con TSP

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 11.



Figura 11 Mapa configurado para Dijkstra

Finalmente la configuración para el ejemplo queda como se aprecia en la figura 11. Para ilustrar mejor el ejemplo se ha decidido poner nombres a los nodos como en la figura 12.



Figura 12 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 13.

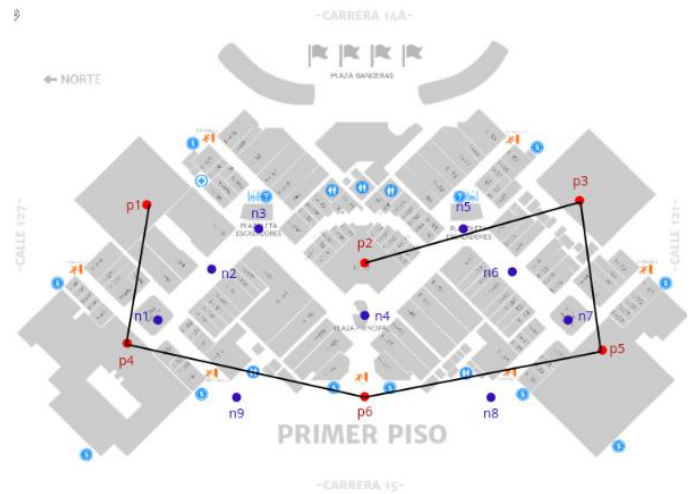


Figura 13 Ruta entregada por TSP para ejemplo propuesto

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 figura 14 a 18.



Figura 14 P1 a P4



Figura 15 P4 a P6



Figura 18 P3 a P2



Figura 16 P6 a P5



Figura 17 P5 a P3

D. 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 modulo 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 establece 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:

- Encabezado de documento 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.
- Mapeo: La siguiente estructura se basa en el modelo de objetos establecidos en java script 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 más rápido.

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.

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

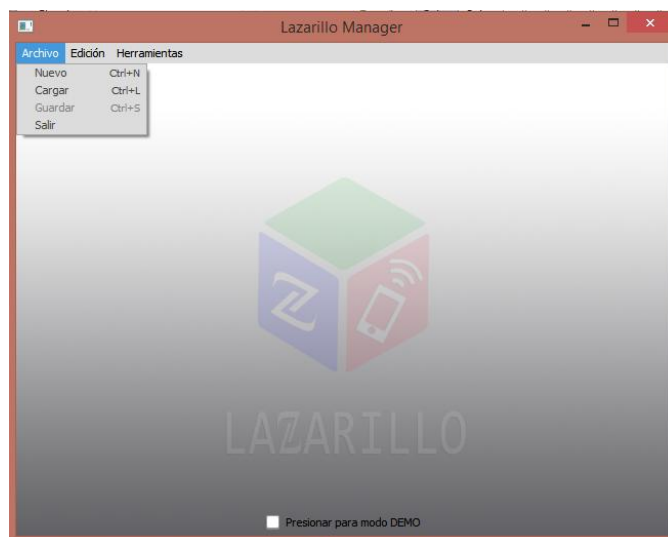


Figura 9 Lazarillo manager

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

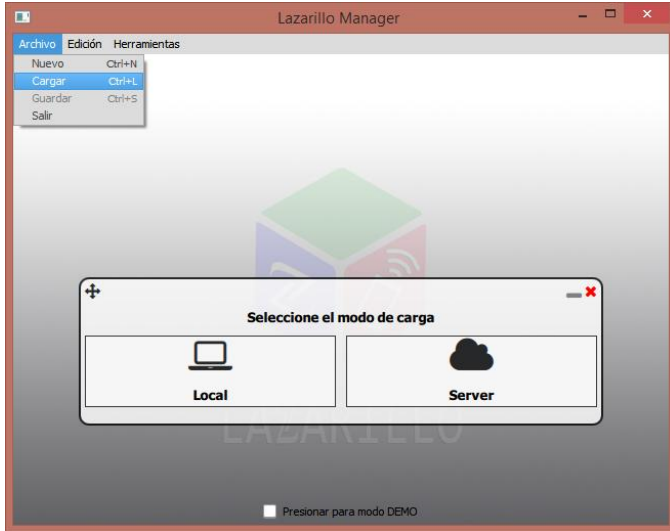


Figura 10 Lazarillo Manager cargar

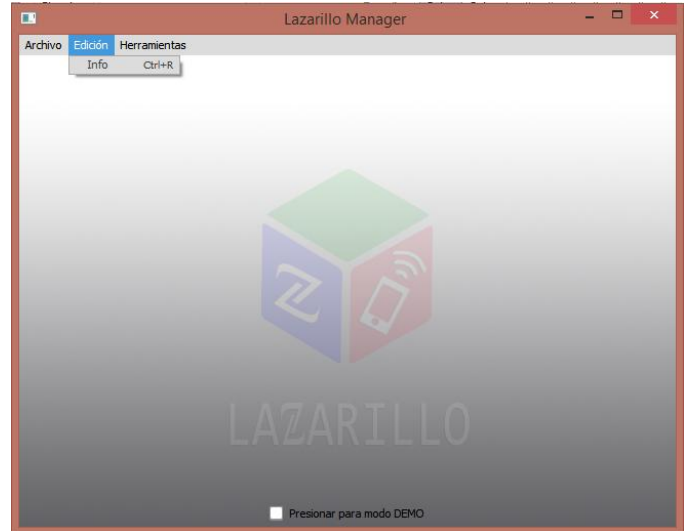


Figura 12 Lazarillo Manager edición

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

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

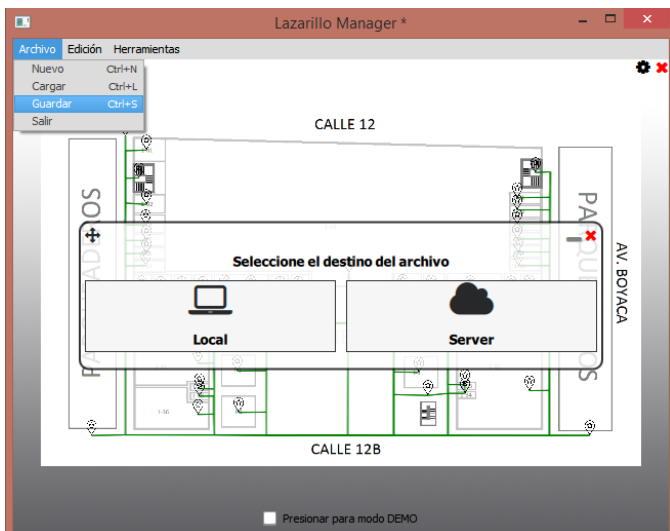


Figura 11 Lazarillo Manager Guardar

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

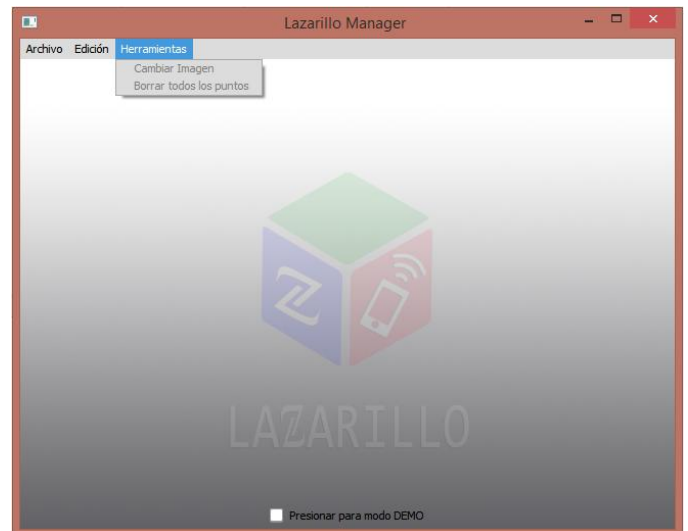


Figura 13 Lazarillo Manager herramientas

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 14, primero se puede observar que nos muestra el punto a configurar en color rojo después tenemos las opción de editar el punto cambiando el nombre, el tipo, los tags que lo identifican y los

puntos a los que esta redireccionado. Al lado del botón de editar se encontrara la opción de eliminar y también de hacer el punto visible al usuario o no.

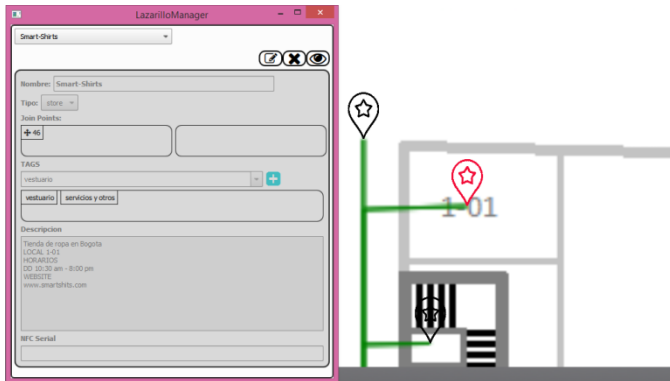


Figura 14 Configuración Lazarillo Manager

E. 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 ultima 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 modulo 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 carados 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 cas cercanos se recurre a integrar el algoritmo de Dijkstra para mediante el mapeado determinar la ruta optima 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 15, 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 mostrara un mensaje como en la imagen de la parte izquierda de la figura 16.

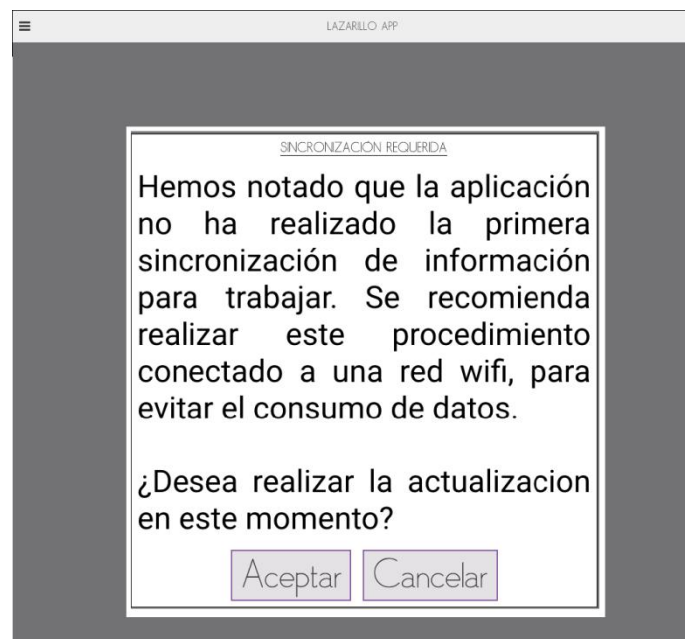


Figure 15 Sincronización de inicio

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 16.

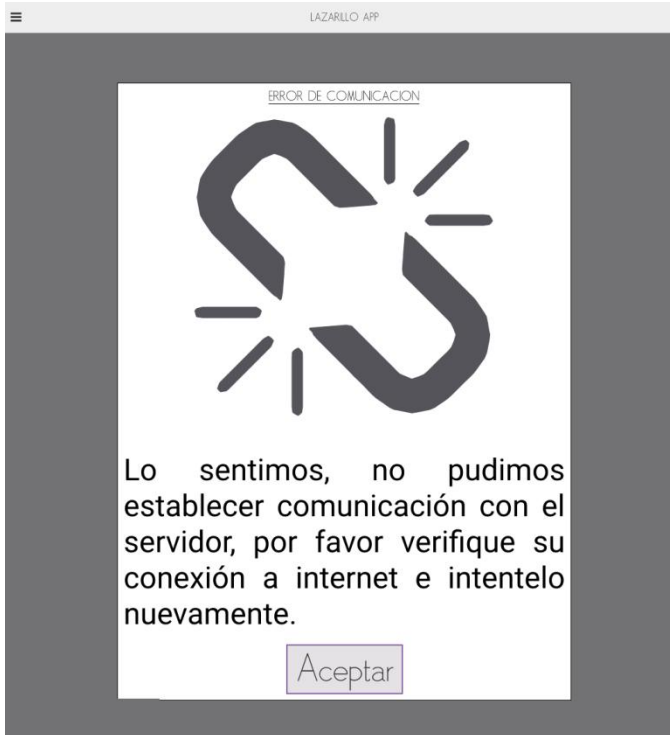


Figure 16 Error de comunicación

Al momento de dar clic en el botón de inicio mostrado en la figura 17, se desplegarán las opciones dentro de la App, para iniciar seleccionamos localización donde se mostraran dos botones como se muestran en la figura 18



Figure 18: modo de búsqueda

El botón 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 saldrá un mensaje como el mostrado en la imagen izquierda de la figura 19 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 19.

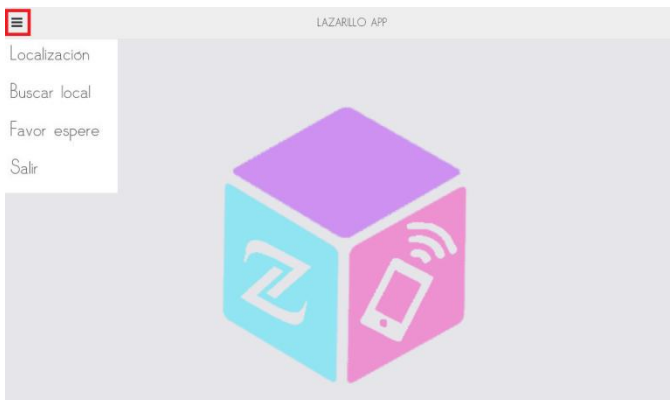


Figure 17 Punto de inicio App



Figure 19 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 20. Después de esto el usuario seleccionará dentro del mapa su punto de inicial.



Figura 20 opciones ubicación

Ya con el mapa cargado y el punto inicial dado, el usuario tendrá dos opciones, realizar la búsqueda del local por nombre donde 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 encontraran 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.

VI. 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 logró 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 llegó 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.

VII. 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. Otra línea de trabajo es 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.

RECONOCIMIENTO

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.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] 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
- [2] Escobar. (19 de 06 de 2013). impresoras3D. Recuperado el 2015, de <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102837127-abs-y-pla-diferencias-ventajas-y-desventajas>
- [3] iBeacon. (s.f.). estimote. Obtenido de <http://estimote.com/>
- [4] Malagón, P. C. (s.f.). búsqueda heurística. Recuperado el febrero de 2015, de http://www.nebrija.es/~cmalagon/ia/transparencias/busqueda_heuristica.pdf
- [5] MathWorks. (s.f.). Design and use Kalman filters in Matlab and Simulink. Obtenido de <https://www.mathworks.com/discovery/kalman-filter.html>
- [6] Medina, V. d. (2016). ácido poliláctico. Recuperado el 2016, de <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.html>
- [7] Penalva, J. (25 de enero de 2011). XATAKA. Obtenido de <http://www.xataka.com/moviles/nfc-que-es-y-para-que-sirve>
- [8] QT. (2016). Documentación QT. Recuperado el 2016, de <http://doc.qt.io/qt-4.8/qml-webview.html>
- [9] 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>
- [10] 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-](https://www.cnet.com/es/noticias/el-proyecto-tango-de)

[google-despliega-una-nueva-tecnologia-de-creacion-de-mapas/](http://www.google-despliega-una-nueva-tecnologia-de-creacion-de-mapas/)

- [11] Smart-gsm. (s.f.). Lenovo Phab 2 Pro. Recuperado el 2016, de <http://www.smart-gsm.com/moviles/lenovo-phab-2-pro>
- [12] Tecnomuseo. (s.f.). tecnomuseo. Obtenido de <http://www.tecnomuseo.es/balizas.html>