



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

Y REDES DE COMUNICACIÓN

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRAZADO DE RUTAS PARA LA MOVILIDAD
DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL, EN LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE.**

AUTOR: Erika Lucía Fuertes Sotelo

DIRECTOR: Ing. Carlos Alberto Vásquez Ayala, MSc

Ibarra- Ecuador

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040174462-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Fuentes Sotelo Erika Lucía		
DIRECCIÓN:	Pilanquí, Pasaje C-Pasaje 4		
EMAIL:	elfuertess@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0996649913

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRAZADO DE RUTAS PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL, EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
AUTOR (ES):	Erika Lucía Fuentes Sotelo
FECHA: DD/MM/AAAA	21 de enero de 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Alberto Vásquez, MSc.

CONSTANCIA.

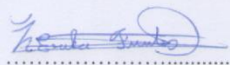
II

CONSTANCIA.

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que sume la responsabilidad sobre contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de enero de 2019

EL AUTOR:


.....

Erika Lucía Fuertes Sotelo
040174462-8

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS****CERTIFICACIÓN.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

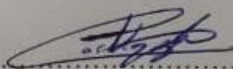
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN.

MAGISTER CARLOS VÁSQUEZ, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRAZADO DE RUTAS PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL, EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE." Ha sido desarrollado por la Srta. Erika Lucía Fuertes Sotelo, bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Ing. Carlos Alberto Vásquez, MSc.

DIRECTOR

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo de titulación a la persona más maravillosa que tuve la suerte de tener en mi vida, a mi hermano Ricardo Fuertes, por brindarme su apoyo, cariño y guía durante mi formación personal y profesional, por su esfuerzo como mentor y de quien aprendí como afrontar los problemas de la vida.

A ti, hermano, gracias por enseñarme todo lo que se y por compartir tu vida conmigo, debido a tu apoyo incondicional en los buenos y malos momentos es que puedo seguir adelante.

AGRADECIMIENTO.

A mis padres Fidel Fuertes y Lucía Sotelo, por su confianza y cuidados a lo largo de mi vida, por enseñarme el valor de la familia y que siempre puedo contar con ellos, por no rendirse jamás a pesar de las dificultades y sacar a la familia adelante.

A mis hermanos Karen y Ricardo por su ejemplo y sus consejos, gracias por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mi tutor el ingeniero Carlos Vásquez, MSc, por su asesoría y sus consejos que mejoraron y facilitaron el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	I
CONSTANCIA.	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
Capítulo 1. Antecedentes.....	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Problema.....	1
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Alcance	3
1.5. Justificación.....	5
Capítulo 2. Fundamentación Teórica.....	7
2.1. Discapacidad.....	7
2.1.1. Persona con discapacidad.	7
2.1.2. Tipos de discapacidad.....	7
2.2. Accesibilidad Universal y Diseño para todos (Normas Técnicas Ecuatorianas)...	8
2.2.1. Accesibilidad al Medio Físico	8
2.2.2. Ayudas Técnicas.....	9
2.2.3. Tecnologías de la Información	9
2.3. Iniciativas de inclusión en Ecuador	10
2.3.1. “Iberoamérica Incluye”.....	10
2.3.2. Socialización de la conformación del comité interinstitucional para la implementación de los protocolos y rutas para la protección de derechos de las personas con discapacidad en el Ecuador.....	11
2.3.3. Apoyo a proyectos productivos de personas con discapacidad visual	12

2.3.4.	Proyecto “Fotosentidos”	12
2.4.	La tecnología al servicio de la discapacidad visual	13
2.4.1.	BlindShell	13
2.4.2.	Trekker Breeze +	15
2.4.3.	Proyecto BLAID	15
2.4.4.	UbicaT	16
2.4.5.	OxSight	16
2.4.6.	HandEyes	17
2.5.	Teléfonos inteligentes	17
2.5.1.	Sistemas operativos	18
2.5.1.1.	Android	18
2.5.1.2.	Windows 10 Mobile	21
2.5.1.3.	iOS	22
2.6.	Tecnologías de comunicación inalámbrica	23
2.6.1.	WiFi	23
2.6.2.	Comunicación Satelital	24
2.6.2.1.	Órbita geoestacionaria	24
2.6.2.2.	Satélite artificial	25
2.6.2.3.	Tipos de Satélites artificiales	25
2.7.	Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	26
2.7.1.	Banda “L”	26
2.7.2.	Componentes del sistema GPS	27
2.7.3.	Funcionamiento del GPS	28
2.7.3.1.	Triangulación.	28
2.7.3.2.	Distancias	29
2.7.3.3.	Tiempo.	29
2.7.3.4.	Posición	29
2.7.3.5.	Corrección	29
2.7.3.6.	Posicionamiento Diferencial	30
2.8.	Sistemas de Mapeo	30
2.8.1.	Google Earth	30
2.8.2.	ArcGIS	31
2.8.3.	QGIS	31
2.9.	Bases de datos	32
2.9.1.	PostgreSQL	32

2.9.2.	MongoDB	33
2.9.3.	MySQL.....	33
2.10.	Lenguajes de programación.....	34
2.10.1.	Java	35
2.10.2.	JavaScrit.....	35
2.10.3.	C.....	36
2.10.4.	C++	36
2.10.5.	Python	36
2.11.	Entornos gráficos de desarrollo	36
2.11.1.	Eclipse.....	36
2.11.2.	Android Studio.....	37
2.11.3.	IntelliJ IDEA.....	38
2.12.	Editores de Código	38
2.12.1.	Visual Studio Code	38
2.12.2.	Atom	39
2.12.3.	Sublime Text.....	39
2.13.	Algoritmos para la búsqueda del camino	40
2.13.1.	Algoritmo de Dijkstra	40
2.13.2.	Algoritmo de Bellman-Ford.....	43
2.13.3.	Algoritmo de Floyd–Warshall	43
Capítulo 3.	Diseño del Sistema de Movilidad	44
3.1.	Situación Actual	44
3.1.1.	Descripción de la infraestructura Física de la Universidad Técnica del Norte 45	
3.1.1.1.	Administración Central	45
3.1.1.2.	FECYT	46
3.1.1.3.	FACAE.....	46
3.1.1.4.	FICA.....	47
3.1.1.5.	FICAYA	47
3.1.1.6.	Auditorio “Agustín Cueva”	48
3.1.1.7.	Biblioteca General.....	48
3.1.1.8.	Edificio Postgrado	49
3.1.1.9.	Bienestar Universitario.....	49
3.1.1.10.	Comedor Universitario.....	50
3.1.1.11.	Polideportivo.....	50

3.1.1.12.	E. CAI	51
3.1.1.13.	F.CC. SS.....	51
3.1.1.14.	Gimnasio de Especialidades	52
3.1.1.15.	Otras Áreas.....	52
3.2.	Técnicas de recolección de información	53
3.2.1.	Entrevistas	53
3.2.1.1.	Profesionales encargados de los departamentos (Primer grupo).....	53
3.2.1.2.	Personas con discapacidad visual (Segundo grupo).....	55
3.2.2.	Observación directa	58
3.3.	APs exteriores de la Universidad Técnica del Norte.....	58
3.3.1.	Cobertura APs Exteriores	60
3.4.	Trazado de rutas.....	62
3.4.1.	Colocación de semáforos.....	67
3.5.	Metodología (Modelo en V).....	68
3.5.1.	Niveles del modelo en V	69
3.6.	Descripción General del Sistema.....	70
3.6.1.	Propósito.....	71
3.6.2.	Usuario.....	71
3.6.3.	Restricciones.....	71
3.6.4.	Riesgos.....	72
3.7.	Requerimientos.....	72
3.7.1.	Stakeholders.....	73
3.7.2.	Nomenclatura de los requerimientos a usarse	73
3.7.3.	Requerimientos de Stakeholders	74
3.7.4.	Requerimientos del sistema	75
3.7.5.	Requerimientos de la arquitectura	76
3.8.	Selección del Software	78
3.8.1.	Entorno Gráfico de Desarrollo	78
3.8.2.	Editores de código	79
3.8.3.	Base de datos	79
3.8.4.	Sistemas de mapeo.....	80
3.9.	Recursos.....	80
3.9.1.	Recursos humanos	81
3.9.2.	Recursos económicos	81
3.9.3.	Recursos tecnológicos	81

3.10.	Diseño del sistema	82
3.10.1.	Diagrama de bloques.....	82
3.10.2.	Arquitectura del sistema	83
3.10.3.	Diagrama de flujo del sistema.....	84
3.10.4.	Diseño de las rutas usando la herramienta QGIS.....	85
3.10.5.	Diseño de la base de datos (PostgreSQL)	87
3.10.6.	Diseño del servidor de movilidad	90
3.10.7.	Diseño de la aplicación para el dispositivo	91
Capítulo 4:	Pruebas de funcionamiento del sistema	95
4.1.	Prueba general del sistema (ambiente real)	96
4.1.1.	Personas con discapacidad visual	98
4.1.2.	Proceso de las pruebas de funcionamiento	98
4.1.3.	Recorridos realizados	99
4.1.3.1.	Del punto 25 (Entrada Principal) al punto 43 (Edificio Central)	99
4.1.3.2.	Del punto 25 (Edificio Central) al punto 14 (FECYT)	100
4.1.3.3.	Del punto 14 (FECYT) al punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”) ..	102
4.1.3.4.	Del punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”) al punto 44 (cancha Sintética 1).....	104
4.1.3.5.	Del punto 44 (cancha Sintética 1) al punto 4 (Comedor Universitario) 106	
4.1.3.6.	Del punto 4 (Comedor Universitario) al punto 1 (FACAE).....	107
4.1.3.7.	Del punto 25 (Edificio Central) al punto 46 (Cancha sintética 1- Chanchas de Ecuavoley).....	108
4.1.3.8.	Del punto 46 (Cancha sintética 1- Chanchas de Ecuavoley) al punto 23 (Edificio de Posgrado)	109
4.1.3.9.	Del punto 23 (Edificio de Posgrado) al punto 52 (Polideportivo) ..	111
4.1.3.10.	Del punto 25 (Edificio Central) al punto 32 (FICA).....	112
4.1.3.11.	Del punto 32 (FICA) al punto 33 (Biblioteca).....	113
4.1.3.12.	Del punto 33 (Biblioteca) al punto 34 (FICAYA)	114
4.1.3.13.	Del punto 33 (Biblioteca) al punto 69 (CAI)	115
4.1.3.14.	Del punto 33 (Biblioteca) al punto 70 (F. CCSS)	116
4.1.3.15.	Del punto 32 (FICA) al punto 61 (Gimnasio).....	117
4.1.3.16.	Del punto 61 (Gimnasio) al punto 71 (Complejo Acuático).....	118
4.1.3.17.	Del punto 32 (FICA) al punto 38 (Bienestar Universitario)	118
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	125

BIBLIOGRAFÍA	126
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS	132
ANEXOS	134
ANEXO 1: Formato y resumen de la entrevista dirigida a la Lic. Janeth Enrríquez, encargada del Área de No Videntes de la Biblioteca en la Universidad Técnica del Norte.	134
ANEXO 2: Formato y resumen de la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez, analista de seguridad ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos en la Universidad técnica del Norte (Situación Actual).	136
ANEXO 3: Formato y resumen de la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez, analista de seguridad ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos en la Universidad técnica del Norte (Requerimientos).	138
ANEXO 4: Entrevista realizada a la doctora Eugenia Olbes, directora del departamento de Bienestar Universitario en la Universidad Técnica del Norte.	139
ANEXO 5: Formato y resumen de la entrevista realizada a la Srta. Verónica Farinango, estudiante de la Carrera de Psicología General (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte (Situación Actual).	141
ANEXO 6: Formato y resumen de la entrevista realizada a la Srta. Verónica Farinango, estudiante de la Carrera de Psicología General (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte (Requerimientos)	143
ANEXO 7: Resumen de la entrevista realizada a la Sr. Kevin Figueroa, estudiante de la Carrera de Psicopedagogía (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte.	144
ANEXO 8: Resumen de la entrevista realizada al Sr. Milton Solano, persona con discapacidad visual que ha visitado el campus universitario de la Universidad Técnica del Norte.	145
ANEXO 9: Mediciones de la fuerza de la señal EDUROAM en el campus universitario haciendo uso de la herramienta Wifi Analyzer.	147
ANEXO 10: Manual de Administrador	154
ANEXO 11: Manual de usuario.	164
ANEXO 12: Código de la base de datos (PostgreSQL).	165
ANEXO 13: Código de la aplicación-servidor realizada en Spring Tool Suite (STS).	166
ANEXO 14: Código de la aplicación-cliente realizada en Visual Studio Code.....	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Móvil inteligente BlindShell y soporte para lectura	14
Figura 2. Dispositivo Trekker Breeze +	15
Figura 3. Prototipo HandEyes	17
Figura 4. Sistemas Operativos para móviles más utilizados en el mundo.....	18
Figura 5. Arquitectura de Android.	19
Figura 6. Informe de estadísticas del dispositivo Windows Phone.	22
Figura 7. Arquitectura de capas iOS.....	23
Figura 8. Cobertura mundial con tres satélites en la órbita geostacionaria.	25
Figura 9. Uso del espectro por las señales preexistentes y las nuevas de GPS.	27
Figura 10. Segmentos del Sistema de Posicionamiento Global.	28
Figura 11. Índice TIOBE de Sistemas Operativos.	35
Figura 12. Nodos de un Grafo.	41
Figura 13. Nodo 3 permanente.	42
Figura 14. Nodo 4 permanente.	43
Figura 15. Ubicación de APs exteriores en el campus universitario.....	59
Figura 16. Trazado de rutas.	65
Figura 17. Niveles del modelo en V.....	70
Figura 18. Diagrama de bloques del Sistema.	82
Figura 19. Arquitectura del Sistema.....	84
Figura 20. Diagrama de flujo del Sistema.	85
Figura 21. Diagrama de flujo de la Herramienta QGIS.....	86
Figura 22. Rutas UTN realizadas con la herramienta QGIS basadas en los planos otorgados por el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos.....	87
Figura 23. Algoritmo de Dijkstra funcionando.	88
Figura 24. Diagrama de flujo de la base de datos.....	89
Figura 25. Diagrama de flujo de la aplicación-servidor.	91
Figura 26. Diagrama de flujo del servidor de movilidad.....	93
Figura 27. Visualización de la Aplicación-Cliente.....	94
Figura 28. Trazo de una ruta simulada en un dispositivo móvil	96
Figura 29. Trazo de una ruta en el dispositivo móvil (ambiente real).....	97
Figura 30. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Entrada Principal) al 43 (Edificio Central).	100
Figura 31. Desalineación de puntos de acceso para personas con discapacidad que provoca giros innecesarios.....	100
Figura 32. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Edificio Central) al punto 14 (FECYT).....	101
Figura 33. Poste obstaculizando el camino entre el Edificio Central y la FECYT.	101
Figura 34. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 14 (FECYT) al punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”).....	102
Figura 35. Rampa sin pasamanos que pone en riesgo la seguridad de personas con discapacidad visual	102
Figura 36. Camino sin definir debido a los diferentes accesos al Auditorio “Agustín Cueva”	103

Figura 37. Trayecto directo Parque Auditorio “Agustín Cueva”- entrada Auditorio “Agustín Cueva”.....	103
Figura 38. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”) al punto 44 (cancha Sintética 1)	104
Figura 39. Paso cebra mal ubicado que pasa por un borde.	105
Figura 40. Arbusto obstaculizando la ruta.....	105
Figura 41. Cruce de vehículos.....	105
Figura 42. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 44 (cancha Sintética 1) al punto 4 (Comedor Universitario).....	106
Figura 43. Cruce de vehículos.....	107
Figura 44. Vehículos estacionados sobre la vereda que obstaculizan el camino.	107
Figura 45. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 4 (Comedor Universitario) al punto 1 (FACAE)	108
Figura 46. Veredas.....	108
Figura 47. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Edificio Central) al punto 46 (Cancha sintética 1- Chanchas de Ecuavoley).....	109
Figura 48. Escaleras extremo cancha sintética sin una rampa.....	109
Figura 49. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 46 (Cancha sintética 1- Chanchas de Ecuavoley) al punto 23 (Edificio de Posgrado)	110
Figura 50. Cruce de vehículos.....	110
Figura 51. Estacionamiento Posgrado.	111
Figura 52. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 23 (Edificio de Posgrado) al punto 52 (Polideportivo).....	111
Figura 53. Trayecto Edificio de Posgrado-Polideportivo.....	112
Figura 54. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Edificio Central) al punto 32 (FICA)	112
Figura 55. Paso cebra sin vados alineados.	113
Figura 56. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 32 (FICA) al punto 33 (Biblioteca).....	113
Figura 57. Trayecto FICA-Biblioteca.....	114
Figura 58. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 33 (Biblioteca) al punto 34 (FICAYA).....	114
Figura 59. Trayecto Biblioteca-FICAYA.....	115
Figura 60. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 33 (Biblioteca) al punto 69 (CAI).....	115
Figura 61. Trayecto Biblioteca-CAI.....	116
Figura 62. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 33 (Biblioteca) al punto 70 (F. CCSS).....	116
Figura 63. Trayecto Biblioteca-F. CCSS.....	117
Figura 64. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 32 (FICA) al punto 61 (Gimnasio).....	117
Figura 65. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 61 (Gimnasio) al punto 71 (Complejo Acuático)	118
Figura 66. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 32 (FICA) al punto 38 (Bienestar Universitario)	119
Figura 67. Cruce de Vehículos	119
Figura 68. Estudiante con discapacidad visual probando el sistema.....	121

Figura 69. Personas con discapacidad visual que visitan regularmente la Universidad Técnica del Norte probando el sistema.....	122
Figura 70. Estudiante con discapacidad visual probando el sistema.....	122
Figura 71. Panel del explorador.....	154
Figura 72. XYZ Tile Layer.....	155
Figura 73. Mapas.....	155
Figura 74. Panel de capas.....	155
Figura 75. Nueva capa de archivo shape.....	155
Figura 76. Seleccionar tipo: Punto.....	156
Figura 77. Nombre de la capa.....	156
Figura 78. Conmutación de edición.....	157
Figura 79. Botón: Añadir objeto espacial.....	157
Figura 80. Atributos del objeto espacial.....	158
Figura 81. Vértices.....	158
Figura 82. Seleccionar Tipo: Línea.....	159
Figura 83. Añadir objeto espacial.....	159
Figura 84. Creación de líneas.....	159
Figura 85. Rutas terminadas.....	160
Figura 86. Administrador de BBDD.....	160
Figura 87. Selección de la base de datos.....	161
Figura 88. Importación.....	161
Figura 89. Refrescar tablas.....	161
Figura 90. Comando para generar la topología.....	162
Figura 91. Coordenadas de las rutas.....	162
Figura 92. Tabla lugares.....	162
Figura 93. Tabla destinos.....	163

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Normas INEN de Accesibilidad al Medio Físico para personas con discapacidad visual.....	8
Tabla 2. Normas INEN de acceso a las Tecnologías de la Información para personas con discapacidad visual.....	10
Tabla 3. Versiones de Android.....	20
Tabla 4. Características de PostgreSQL.....	32
Tabla 5. Limitaciones de PostgreSQL.....	32
Tabla 6. Características de MongoDB.....	33
Tabla 7. Características de MySQL.....	34
Tabla 8. Características de Eclipse.....	37
Tabla 9. Características de Android Studio.....	37
Tabla 10. Características de IntelliJ IDEA.....	38
Tabla 11. Características de Visual Studio Code.....	39
Tabla 12. Características de Atom.....	39
Tabla 13. Características de Sublime Text.....	40
Tabla 14. Etiquetas de los nodos 1, 2 y 3.....	41
Tabla 15. Etiquetas de los nodos 3, 4 y 5.....	42
Tabla 16. Distributivo del Edificio Central.....	45
Tabla 17. Distributivo de la FECYT.....	46
Tabla 18. Distributivo de la FACAE.....	47
Tabla 19. Distributivo de la FICA.....	47
Tabla 20. Distributivo de la FICAYA.....	48
Tabla 21. Distributivo del Auditorio “Agustín Cueva”.....	48
Tabla 22. Distributivo de la Biblioteca General.....	49
Tabla 23. Distributivo del Edificio Postgrado.....	49
Tabla 24. Distributivo del edificio de Bienestar Universitario.....	50
Tabla 25. Distributivo del Comedor Universitario.....	50
Tabla 26. Distributivo Polideportivo.....	51
Tabla 27. Distributivo del E. CAI.....	51
Tabla 28. Distributivo de la F. CC. SS.....	51
Tabla 29. Distributivo del Gimnasio de Especialidades.....	52
Tabla 30. Distributivo Polideportivo.....	52
Tabla 31. Información obtenida de la entrevista realizada a la Lic. Janeth Enríquez, encargada del Área de No Videntes de la Biblioteca en la Universidad Técnica del Norte.....	54
Tabla 32. Información obtenida de la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez, analista de seguridad ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos en la Universidad Técnica del Norte.....	54
Tabla 33. Información obtenida de la entrevista realizada a la doctora Eugenia Olbes, directora del departamento de Bienestar Universitario en la Universidad Técnica del Norte.....	55
Tabla 34. Información obtenida de la entrevista realizada a la Srta. Verónica Farinango, estudiante de la Carrera de Psicología General (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte.....	55

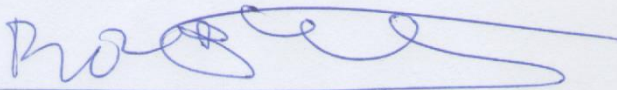
Tabla 35. Información obtenida de la entrevista realizada al Sr. Kevin Figueroa, estudiante de la Carrera de Psicopedagogía (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte.	56
Tabla 36. Información obtenida de la entrevista realizada al Sr. Milton Solano, persona con discapacidad Visual que ha visitado la Universidad Técnica del Norte.	57
Tabla 37. Ubicación de APs exteriores en la UTN.	60
Tabla 38. Ubicación de APs exteriores en la UTN.	61
Tabla 39. Descripción de las rutas.	66
Tabla 40. Nivel de importancia para colocación de semáforos.	68
Tabla 41. Lista de Stakeholders.	73
Tabla 42. Nomenclatura de los Requerimientos.	73
Tabla 43. Requerimientos de Stakeholders.	74
Tabla 44. Requerimientos del sistema.	75
Tabla 45. Requerimientos de la arquitectura.	76
Tabla 46. Comparación de requerimientos para la selección del entorno gráfico de desarrollo.	78
Tabla 47. Comparación de requerimientos para la selección del editor de código.	79
Tabla 48. Comparación de requerimientos para la selección de la base de datos.	80
Tabla 49. Comparación de requerimientos para la selección sistema de mapeo.	80
Tabla 50. Recursos Humanos.	81
Tabla 51. Recursos Económicos.	81
Tabla 52. Recursos tecnológicos.	81
Tabla 53. Tabla de resultados de la prueba general.	96
Tabla 54. Personas con discapacidad visual y nivel de discapacidad.	98
Tabla 55. Resultados de las personas con discapacidad visual que probaron la aplicación	120
Tabla 56. Mediciones de la fuerza de la señal EDUROAM.	147

RESUMEN.

El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema de trazado de rutas para la movilidad de personas con discapacidad visual en la Universidad Técnica del Norte, para lo cual se solicitó al Ing. Edwar Vásquez Analista de Seguridad Ocupacional encargado del Departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos, la creación de rutas definidas para la libre circulación y sin obstáculos en el campus universitario. El sistema recoge el nombre de cada edificio señalado en los planos otorgados por el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos, toda esta información se almacena en una base de datos junto con la ruta diseñada en la herramienta QGIS, donde se relaciona estos campos a los que la aplicación-cliente puede acceder mediante la aplicación-servidor que se encarga de las peticiones y de la comunicación. El sistema debe tener acceso a Internet para realizar la petición, la ubicación del usuario debe ser válida, es decir el usuario debe encontrarse en el campus universitario y en un punto de la ruta válido. La ruta será descargada y el usuario será guiado por medio de pulsaciones y comandos de voz hasta llegar a su destino. La aplicación solo será responsable de orientar al usuario, por lo que es necesario el uso de las herramientas convencionales para personas con discapacidad visual (handeyes, bastones, etc). El sistema se realizó con software Libre, se aplicó la metodología del modelo en V y el análisis basado en el estándar IEEE 29148, todas las herramientas utilizadas fueron debidamente estudiadas y probadas, de forma individual y colectiva. Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento de cada proceso para verificar que se obtuvieron los resultados esperados por todas las partes interesadas, también se realizó un manual de administrador en caso de querer realizar modificaciones futuras y un manual de usuario, en donde se detalló el correcto uso de la aplicación-cliente.

ABSTRACT.**ABSTRACT**

This research consists of the design of a route mapping system for the mobility of people with visual disabilities in the “Técnica del Norte” University, for which Edwar Vásquez, an Occupational Safety Analyst in charge of the Department of Safety and Management, was interviewed., the creation of defined routes for free circulation and without obstacles in the university campus. The system collects the name of each building shown in the plans granted by the Department of Security and Risk Management, all this information is stored in a database along with the route designed in the QGIS tool where these fields are related to those that the client-application can be accessed through the server-application that handles requests and communication. The system must have Internet access to make the request, the user's location must be valid, that is, the user must be on the university campus and at a point on the valid route. The route will be downloaded and the user will be guided by means of keystrokes and voice commands until they reach their destination. The application will only guide the user, so it is necessary to use conventional tools for people with visual disabilities (hand eyes, dogs, etc). The system was created with Free software, the methodology of the V model was applied and the analysis based on IEEE 29148 standards. Finally, functional tests of each process were carried out, an administrator manual was also made in case of future modifications and a user manual, where the correct use of the client-application is shown,


Edwar Vásquez



Capítulo 1. Antecedentes

1.1. Tema

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRAZADO DE RUTAS PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL, EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

1.2. Problema

La Universidad TÉCNICA DEL NORTE es un gran referente de la zona 1 (Imbabura Carchi, Esmeraldas y Sucumbíos) del Ecuador, su campus universitario cuenta con una extensión de 102.460m², existiendo un total de 10 edificios en los que se encuentran auditorios, biblioteca, salas de exposición, laboratorios, salas de clase, entre otros servicios, cubierto de amplias áreas verdes, acoge a más de 9000 personas entre docentes, estudiantes y funcionarios de jornada diurna y nocturna. El campus posee varias áreas de cultura como centros de exposición, auditorios para eventos, canchas deportivas, complejo acuático y parqueadero (Universidad Técnica Del Norte, 2017). Aunque se cuenta con todos estos servicios dirigidos a la comunidad, al ingresar a la universidad se hace evidente la falta de señalización para personas con discapacidad visual.

Existen diferentes señalizaciones adoptadas para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad visual, tales como: señales táctiles con sus respectivas dimensiones y a una altura adecuada, la ubicación de pasamanos y cintas que acompañen los recorridos y también contar con señales táctiles o de bastón que indiquen los desniveles o cambios de dirección, haciendo uso de variaciones de texturas en el pavimento (Instituto Ecuatoriano De Normalización , 2014).

En la Universidad Técnica del Norte las señales disponibles solo cuentan con información básica, que no explica por dónde se puede transitar y tampoco muestra la ubicación de los diferentes edificios del campus universitario con sus respectivos departamentos, uno de los lugares más solicitado por personas con discapacidad visual, se encuentra en la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte, en donde se cuenta con una zona dedicada a la enseñanza de la escritura braille a personas de cualquier edad que tengan discapacidad visual, pero en los exteriores no se cuenta con ninguna señalización que les ayude a llegar a este destino.

En la Universidad Técnica del Norte según datos obtenidos en el departamento de Orientación Universitaria, en la universidad existen 5 estudiantes que tienen discapacidad visual y según el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos existen 6 personas en el área administrativa con discapacidad visual, dando un total de 11 personas. Estas personas para llegar a su puesto de trabajo o a su respectiva facultad, tienen que transitar por el campus universitario necesitando la guía de otras personas que posiblemente no les brindarán la información o la ayuda requerida.

Debido a todo lo explicado anteriormente se tiene la necesidad de realizar un proyecto que ayude a las personas con discapacidad visual a moverse por la universidad, proporcionándoles la ubicación de los diferentes lugares y departamentos que conforman el campus universitario y guiándolos hacia su destino.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de trazado de rutas para la movilidad de personas con discapacidad visual, que contenga la información de los diferentes edificios de la Universidad Técnica del Norte.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Recopilar la información referente a los dispositivos móviles y el sistema de posicionamiento GPS.
- Determinar las dificultades que tienen las personas con discapacidad visual al momento de movilizarse en el campus universitario.
- Diseñar el sistema de trazado de rutas para la movilidad de personas con discapacidad visual.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema.

1.4. Alcance

Este proyecto se centra en el diseño de un sistema de trazado de rutas para la movilidad de personas con discapacidad visual, que contenga la información de los diferentes edificios de la Universidad Técnica del Norte, se lo realizará en base al modelo en V y será únicamente para dispositivos móviles con el sistema operativo Android.

Se elaborará un análisis de los requerimientos del usuario con respecto a la movilidad por medio de la recopilación de información, al realizar entrevistas al personal administrativo y estudiantil que tenga discapacidad visual en la Universidad Técnica Del Norte, de dichas entrevistas se obtendrá una caracterización más acertada del sistema, ya

que cada persona aportará con opiniones y experiencias vividas. El trazado de rutas para la aplicación se lo realizará en conjunto con el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos de la Universidad Técnica del Norte.

Una vez obtenidos los requerimientos del usuario en base al modelo en V, se procede a realizar los requerimientos funcionales, en donde se especifica que el sistema debe tener conectividad para trazar la ruta y comunicarse con el dispositivo móvil, hay que tener en cuenta que pueden existir factores que no se pueden controlar y que pueden ocasionar la pérdida de conexión a internet por lo que el sistema no va a estar activo 24/7.

Se diseñará una aplicación móvil que hará uso del sistema de posicionamiento global GPS de donde se extraerá la ubicación, tanto del usuario como del lugar al que desea llegar, para guiar a la persona con discapacidad visual en el campus universitario por la trayectoria que va a recorrer, debido a que no se cuenta con los sensores necesarios para prevenir obstáculos la persona tendrá que seguirse valiéndose de elementos como el bastón. La interacción con la aplicación se realizará por medio de comandos de voz y la respuesta se brindará de igual forma por medio de indicaciones dadas por voz. La persona con discapacidad visual puede captar información de su entorno al detectar paredes, escaleras y demás obstáculos, ya que puede existir un margen de error en el GPS dependiendo del dispositivo móvil del usuario y de factores externos. Al ser la aplicación dedicada a dirigir a personas con discapacidad visual en un ambiente donde transitan vehículos, en el momento que el usuario esté llegando a un punto de cruce de vehículos, se emitirá una alerta en la aplicación móvil para avisarle al usuario el peligro de cruzar, en caso de que el departamento de seguridad y gestión de riesgos decida implementar semáforos, la alarma de cruce será activada por tiempo que esté coordinado con el semáforo, para la demostración del funcionamiento de la aplicación se diseñará el prototipo que será probado en cada uno de los puntos de cruce de vehículos.

Se realizarán las pruebas necesarias, con la finalidad de evaluar el correcto funcionamiento del sistema.

1.5. Justificación

La finalidad del presente proyecto es aportar a la comunidad, específicamente a la Universidad Técnica del Norte con un proyecto que permita mejorar la inclusión de personas con discapacidad visual en el campus universitario, al brindarles independencia al momento de movilizarse por los diferentes edificios de la Universidad.

El Objetivo 2 del Plan Nacional del Buen vivir, es auspiciar la igualdad, la cohesión, la inclusión y la equidad social y territorial en la diversidad (Plan Nacional Del Buen Vivir, 2013), con este proyecto se logrará contribuir a la igualdad, a favor de las personas que se encuentren en situación de desigualdad, en este caso se enfocará directamente en la inclusión de personas con discapacidad visual.

Según el Sr. Mario Puruncajas, representante de La Federación Nacional de Ciegos del Ecuador FENCE, aunque cada día hay más instrumentos que les permiten a las personas con discapacidad visual educarse, esta población sigue teniendo muchas dificultades al momento de movilizarse (El Comercio, 2014).

La Universidad Técnica del Norte se encuentra permanentemente incentivando a sus estudiantes en la creación de proyectos que beneficien a la sociedad, en este caso a poblaciones más vulnerables, pero se ha estado dejando de lado a la discapacidad visual, existiendo un número reducido de proyectos que se enfoquen en este tipo de discapacidad, inclusive en la Universidad Técnica del Norte no existen rutas trazadas para que las personas con discapacidad visual puedan movilizarse alrededor del campus universitario, según la información obtenida en el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos.

En la Universidad Técnica del Norte desde el semestre anterior se encuentra en marcha un Proyecto de Inclusión para estudiantes con Discapacidad Visual, en el que participan en calidad de investigadores, tanto docentes como estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación y del cual este proyecto formará parte, este proceso empezó por una iniciativa en el aula de clase, donde se propuso una solución tecnológica para mejorar la toma de apuntes de estudiantes con discapacidad visual, posteriormente se participó en un concurso a nivel nacional en la categoría: Igualdad para la población en condición de discapacidad, con el tema “Prototipo de estudio destinado a mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de estudiantes con discapacidad visual”, también se realizó una capacitación de dicha herramienta en la facultad de educación, ciencia y tecnología (FECYT) para los docentes del área de psicología, dando a conocer el proyecto puesto en marcha. De todo lo realizado desde el semestre anterior hasta la fecha se ha recolectado información y experiencias para ampliar el proyecto de inclusión y buscar resolver más necesidades, no solo de estudiantes sino de todas las personas con discapacidad visual que visitan el campus universitario.

Capítulo 2. Fundamentación Teórica

Este capítulo contiene una descripción general acerca del término discapacidad, definición, tipos de discapacidad y un breve resumen de cómo influye la tecnología en su calidad de vida, también se presenta un análisis bibliográfico de comunicación satelital, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Sistemas de Mapeo, Teléfonos inteligentes y bases de datos, con sus respectivos conceptos y consideraciones a tomar en cuenta para la realización de este proyecto.

2.1.Discapacidad

2.1.1. Persona con discapacidad.

Según la LEY ORGÁNICA DE DISCAPACIDADES en su Artículo 6.- “Se considera persona con discapacidad a toda aquella que, como consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, con independencia de la causa que la hubiera originado, ve restringida permanentemente su capacidad biológica, psicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria.”

2.1.2. Tipos de discapacidad.

Se puede organizar a los tipos de discapacidad en grupos y subgrupos, existiendo 4 grupos principales: Discapacidades sensoriales y de la comunicación, discapacidades motrices, discapacidades mentales y discapacidades múltiples.

En las discapacidades sensoriales y de la comunicación se encuentran los subgrupos de discapacidades que afectan la visión, el oído y el habla.

El subgrupo de discapacidad visual abarca a las personas que tienen pérdida parcial o total del sentido de la vista, lo que impide a la persona que se pueda desenvolver en la

realización de actividades cotidianas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2007).

2.2. Accesibilidad Universal y Diseño para todos (Normas Técnicas Ecuatorianas)

2.2.1. Accesibilidad al Medio Físico

El entorno físico debe estar adecuado para que una persona con discapacidad pueda formar parte de cualquier actividad realizada en lugares de uso público, sin obstáculos ni limitaciones que puedan afectar la movilidad, tanto en zonas urbanas como rurales (Naciones Unidas, 2007).

Para poder cumplir con el concepto de accesibilidad al medio físico el Ecuador cuenta con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) que forma parte de La Organización Internacional para la Normalización (ISO), esta entidad autónoma brinda apoyo a los sectores productivos en materia de capacitaciones y entrenamientos para el desarrollo de normas técnicas, cuenta con información de normas nacionales e internacionales, entre otras actividades (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009).

En la Tabla 1, se listan las normas INEN de Accesibilidad al Medio Físico que benefician a las personas con discapacidad visual.

Tabla 1. Normas INEN de Accesibilidad al Medio Físico para personas con discapacidad visual.

Nº	NOMBRE
INEN CPE INEN 21-1	Directrices para el desarrollo de normas sobre sistemas de transporte. Necesidades de las personas con discapacidad y adultos mayores
INEN 2856	Envases Externos de Medicamentos. Escritura en Sistema Braille
INEN 2849-1	Criterios DALCO para facilitar la accesibilidad al entorno
INEN 2315	Terminología
INEN 2249	Escaleras
INEN 2248	Estacionamientos

INEN 2246-1	Cruces peatonales a nivel y a desnivel
INEN 2245	Rampas
INEN 2244	Bordillos y Pasamanos
INEN 2243-2	Vías de Circulación Peatonal
INEN 2242	Símbolo Discapacidad Visual
INEN 2239-1	Accesibilidad Medio Físico – Señalización
INEN 2855	Vados y Rebajes de Cordón
INEN 2854	Bandas podotáctiles y planos hápticos

Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (2018). Obtenido de: Accesibilidad Universal y Diseño para Todos - Normas Técnicas Ecuatorianas.
<http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/biblioteca/>

2.2.2. Ayudas Técnicas

Una persona con discapacidad visual hace uso de equipos que le ayudan a realizar actividades cotidianas, como por ejemplo ábacos y también regletas para la escritura braille, existen normas ecuatorianas para estas herramientas, de las cuales solo una está dedicada al uso del bastón de ayuda.

La Norma INEN 2887: Bastones de ayuda para el desplazamiento de las personas con discapacidad visual, se refiere a los bastones de aluminio y los requerimientos que deben usar los fabricantes para su realización (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015).

2.2.3. Tecnologías de la Información

Es importante la adecuación de elementos para permitir que las personas con discapacidad visual tengan acceso a las tecnologías de la información, también es necesario contar con capacitaciones que permitan el desenvolvimiento independiente de cada persona con discapacidad visual.

En la Tabla 2 se listan las normas INEN de acceso a las Tecnologías de la Información que benefician a las personas con discapacidad visual.

Tabla 2. Normas INEN de acceso a las Tecnologías de la Información para personas con discapacidad visual.

Nº	NOMBRE
Reglamento INEN 288	Accesibilidad para el Contenido Web
INEN ISO/IEC 40500	Directrices de Accesibilidad al Contenido Web del W3C (WCAG) 2.0
INEN ISO/IEC 29138_1/2/3	Consideraciones de Accesibilidad para personas con discapacidad
Norma INEN ISO/IEC 24751_1/2/3	Adaptabilidad y accesibilidad individualizadas en aprendizaje electrónico, educación y formación

Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (2018). Obtenido de: Accesibilidad Universal y Diseño para Todos - Normas Técnicas Ecuatorianas.
<http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/biblioteca/>

2.3. Iniciativas de inclusión en Ecuador

El apoyo a personas con discapacidades ha ido en aumento, ya que los gobiernos han comprendido que hay que impulsar a este sector poblacional y ha dejado de verlos como una carga, para tomarlos en cuenta como un sector productivo que busca el progreso. En la actualidad se está impulsando la creación de proyectos e incentivos para una sociedad más inclusiva.

2.3.1. “Iberoamérica Incluye”

El miércoles 4 de octubre del año 2017, Ecuador con su representante el Sr. Xavier Torres, presidente del CONADIS (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades), formó parte de la “V Reunión de Responsables de Políticas de Empleo de Personas con Discapacidad en Iberoamérica y IV FORO DE EMPRESAS “IBEROAMÉRICA INCLUYE” realizado en República Dominicana, en la ciudad de Santo Domingo.

También conocido con el nombre de “Iberoamérica Incluye” es una iniciativa en la que participan empresas de la región, compartiendo experiencias y políticas inclusivas que han aplicado para contratar a personas con discapacidad, tomando en cuenta organizaciones públicas, de seguridad social y por supuesto siendo asesoradas por

entidades en las que participan personas con discapacidad y sus familias. El objetivo principal de este foro empresarial es el aumentar la contratación de personas con discapacidad, mostrando el valioso aporte que brinda este sector (Organización Iberoamericana de Seguridad Social, 2017).

Este foro ha sido organizado por 3 entidades, el Consejo Nacional de Discapacidad (CONADIS), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Iberoamericana de Seguridad Social (OISS).

2.3.2. Socialización de la conformación del comité interinstitucional para la implementación de los protocolos y rutas para la protección de derechos de las personas con discapacidad en el Ecuador

El Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) y el Consejo de la Judicatura, con el fin de garantizar que las personas con discapacidad y sus familias, tengan un acceso rápido y eficaz a los servicios básicos de protección de derechos, lanzó una iniciativa para la conformación del Comité Interinstitucional para la revisión y validación de los “Protocolos y Rutas para la Protección de Derechos de las Personas con Discapacidad”.

El objetivo es que los Protocolos y Rutas para la Protección de Derechos, sirvan de base para la orientación de personas con discapacidad y sus familias en caso de que se encuentren en un estado de vulnerabilidad o sus derechos se encuentren amenazados, esta guía permitirá una clara orientación para que se cumpla lo establecido en la Constitución de la República. Se espera que terminado el proceso de creación se impriman 10000 ejemplares y también dicha información se publique en páginas web autorizadas para su difusión a la ciudadanía (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2017).

2.3.3. Apoyo a proyectos productivos de personas con discapacidad visual

El Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), la Secretaría Técnica de Discapacidades (SETEDIS) y la Corporación Financiera Nacional (CFN), en busca de aumentar las oportunidades de desarrollo de personas con discapacidad visual, revisaron un total de 30 propuestas de emprendimientos recolectadas por el señor Mario Puruncajas presidente de la Federación Nacional de Ciegos del Ecuador (FENCE), con el objetivo de impulsar la creación y desarrollo de proyectos de personas que tengan discapacidad visual. Las ideas entregadas a representantes del MIES se desarrollaron en un taller realizado por el Instituto de Economía Popular y Solidaria en el que se capacitó a los miembros de la FENCE en la creación de proyectos (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2017).

2.3.4. Proyecto “Fotosentidos”

“Fotosentidos” es una iniciativa que busca la inclusión y participación de personas con discapacidad visual, por medio de la educación, la convivencia y fotografía multisensorial. El joven emprendedor de nacionalidad ecuatoriana Alfredo Astudillo fotógrafo de profesión es el impulsor de este proyecto, con el que busca informar y concientizar a las personas acerca de la discapacidad visual. El proyecto está dividido en tres fases y aplicado en las ciudades de Quito y Riobamba, en el proceso se busca la sensibilización y la comprensión de las personas con capacidades diferentes, se hace uso de cámaras y dispositivos móviles inteligentes para el proceso de aprendizaje (Mendieta, 2017).

2.4. La tecnología al servicio de la discapacidad visual

Tener una sociedad más igualitaria en derechos, oportunidades y participación social es una obligación y una necesidad latente, en el mundo cada vez hay mas personas que se preocupan por ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas que tienen capacidades diferentes, las cuales producen ideas y herramientas que facilitan y mejoran la calidad de vida de personas con alguna discapacidad. En esta sección solo se señalarán herramientas que beneficien a personas con discapacidad visual.

En Ecuador el acceso a la tecnología que permita a personas con discapacidad visual tener una mejor calidad de vida y de adaptación a la sociedad es limitado, sin embargo, existen personas que han logrado conseguir este tipo de ayuda y hacen uso de esta.

Objetos creados específicamente para personas con discapacidad visual con las que puedan realizar actividades diarias como: relojes con parlantes para saber la fecha y la hora, básculas parlantes para los alimentos, lectores parlantes para enlatados, bastones equipados con sensores para mejorar la detección de obstáculos, entre otras herramientas (El Comercio, 2014).

2.4.1. BlindShell

Es un móvil inteligente diseñado específicamente para personas con discapacidad visual por la Universidad Politécnica de Praga, este dispositivo cuenta con un sistema operativo Android y se maneja con gestos táctiles simples, dando como respuesta indicaciones por voz, sonido o vibraciones. Los creadores de este dispositivo ven la pantalla táctil como un reemplazo del típico teclado mecánico.

Cuenta con una gran variedad de aplicaciones de fácil uso, para recepción de llamadas, mensajes, alarmas grabadora de voz, teclado, etc. Las pruebas de funcionamiento se

realizaron con usuarios con discapacidad visual. Solo con toques cortos o largos se puede acceder a las opciones del teléfono, ya sea para responder llamadas o cambiar de menú, para cada acción realizada se cuenta con indicaciones de voz, para orientar a usuario acerca de sus elecciones. Su costo actual en el mercado es de 418 dólares (Blindshell, 2018).

Debido a la facilidad de uso de Blindshell se ha tenido muchos casos de éxito de personas con discapacidad visual que han encontrado una herramienta que facilita su vida, un ejemplo de estos casos es una usuaria de BlindShell llamada Blanka de 65 años que tiene discapacidad visual del 100%, ella toda su vida solo utilizó teléfonos con teclado físico, al descomponerse su teléfono decidió pedir ayuda en un centro de accesorios para personas con necesidades diferentes en la Unión Checa de Ciegos, los cuales le recomendaron probar BlindShell, ella solo necesitó una corta capacitación para concluir que éste era la solución tecnológica que necesitaba (Blindshell, 2018). En la Figura 1 se muestra el móvil inteligente BlindShell con su soporte para lectura.



Figura 1. Móvil inteligente BlindShell y soporte para lectura

Fuente: Blindshell (2018). Obtenido de: BlindShell

<https://www.blindshell.com/es/eshop/blindshell-2-smartphone-para-usuarios-con-discapacidad-visual-0>

2.4.2. Trekker Breeze +

Es un dispositivo mejorado de su versión original Trekker Breeze que al igual que el anterior cuenta con GPS, muestra los nombres de calles y lugares al usuario con discapacidad visual mientras se moviliza haciendo uso de un altavoz, pero con una mayor precisión y facilidad de uso.

Su ventaja principal es la independencia para el usuario, ya que nunca más tendrá que detenerse a preguntar en donde se encuentra, solo con presionar un botón el usuario sabe su ubicación. Su costo actual en el mercado es de 1050 dólares. En la Figura 2 se muestra el dispositivo Trekker Breeze + (Humanware, 2018).



Figura 2. Dispositivo Trekker Breeze +

Fuente: Humanware (2018). Obtenido de: Trekker Breeze+ handheld talking GPS. <https://store.humanware.com/hau/trekker-breeze-plus-handheld-talking-gps.html>

2.4.3. Proyecto BLAID

Toyota el fabricante de vehículos está en proceso de desarrollo de un dispositivo para ayudar a las personas con discapacidad visual a moverse con mayor seguridad y libertad, colocado alrededor de los hombros esta herramienta le permitirá al usuario detectar mejor los objetos comunes en lugares públicos, tales como escaleras, puertas y otros obstáculos, de esta forma se espera que la movilidad mejore en espacios cerrados.

El dispositivo contará con cámaras que detecten el entorno, la información al portador será a través de altavoces y vibraciones, la interacción se realizará por medio de comandos de voz y pulsando botones (Toyota, 2016).

2.4.4. UbicaT

Este proyecto de inclusión combina tecnologías (WiFi y GPS) para ayudar a personas con discapacidad visual a saber su posición, se respalda en la red inalámbrica ya existente y es utilizado en un área previamente limitada. UbicaT fue probado en el campus de la Universidad de Colima seleccionando zonas y delimitándolas.

Para localizar al usuario se hace uso de la intensidad de un dispositivo móvil que se encuentre en el área de cobertura establecida. También utiliza el GPS del móvil para una mejor precisión, desarrollado para dispositivos móviles que tengan el sistema operativo Android, presenta una interfaz simple y de fácil entendimiento para una persona con discapacidad visual (Valencia, Guerrero, & Ramos, 2013).

2.4.5. OxSight

Desarrolladas en la Universidad de Oxford, por el doctor Stephen Hicks y financiadas por su departamento de Salud, son gafas inteligentes destinadas a personas que tengan algún grado residual de visión, es decir limitaciones con luz o movimiento, pero no totales, que son la mayoría de las personas con discapacidad visual, por lo que no funcionan en personas con ceguera. Tienen un sistema de cámara único y algoritmos de visión utilizados para detectar los objetos y luego resaltarlos, todo en tiempo real, el objetivo de estas gafas inteligentes es que las personas con discapacidad visual hagan un uso óptimo de su visión (Oxford University Innovation, 2016).

2.4.6. HandEyes

En el año 2017 un proyecto ecuatoriano ganó el concurso de History Channel, Una idea para cambiar la historia, En la Figura 3, se muestra el proyecto llamado HandEyes, que es un dispositivo que se coloca en el bastón de una persona con discapacidad visual para ayudarle con la detección de obstáculos que son advertidos por medio de la emisión de ondas ultrasónicas y su rebote (El Comercio, 2017).

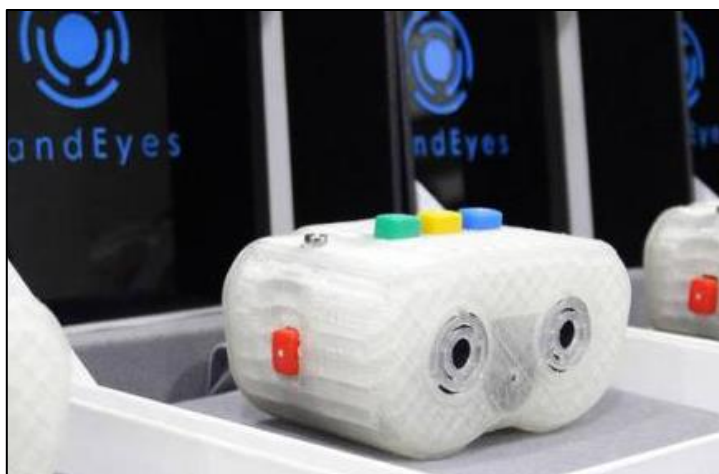


Figura 3. Prototipo HandEyes

Fuente: El Comercio (2017). Obtenido de: Proyecto ecuatoriano HandEyes gana concurso “Una idea para cambiar la historia de History Channel”.

<http://www.elcomercio.com/guaifai/handeyes-proyecto-ganador-unaideaparacambiarlahistoria-historychannel.html>

2.5. Teléfonos inteligentes

Son dispositivos móviles que han reemplazado a las PDAs (asistentes de bolsillo), combinan las características de varios aparatos portátiles y ofrecen la integración de voz y datos en una sola herramienta. Cuentan con el sistema de posicionamiento global (GPS), porque los fabricantes han analizado y aceptado la importancia de integrar esta tecnología en sus dispositivos. Su uso es principalmente en aplicaciones, como cuando se necesita rastrear un dispositivo móvil en caso de robo, orientación, mapas, entre otros. (Consejo Social UPM, 2005).

2.5.1. Sistemas operativos

Ya que no es posible insertar un sistema operativo de un ordenador a un dispositivo móvil, debido a las características que los diferencian, nace la necesidad de crear sistemas operativos para dispositivos móviles y dependiendo del que se seleccione la capacidad e interacciones con las aplicaciones instaladas variará de manera significativa. (StatCounter, 2017). En la Figura 4 se puede observar una gráfica que muestra los sistemas operativos más utilizados.

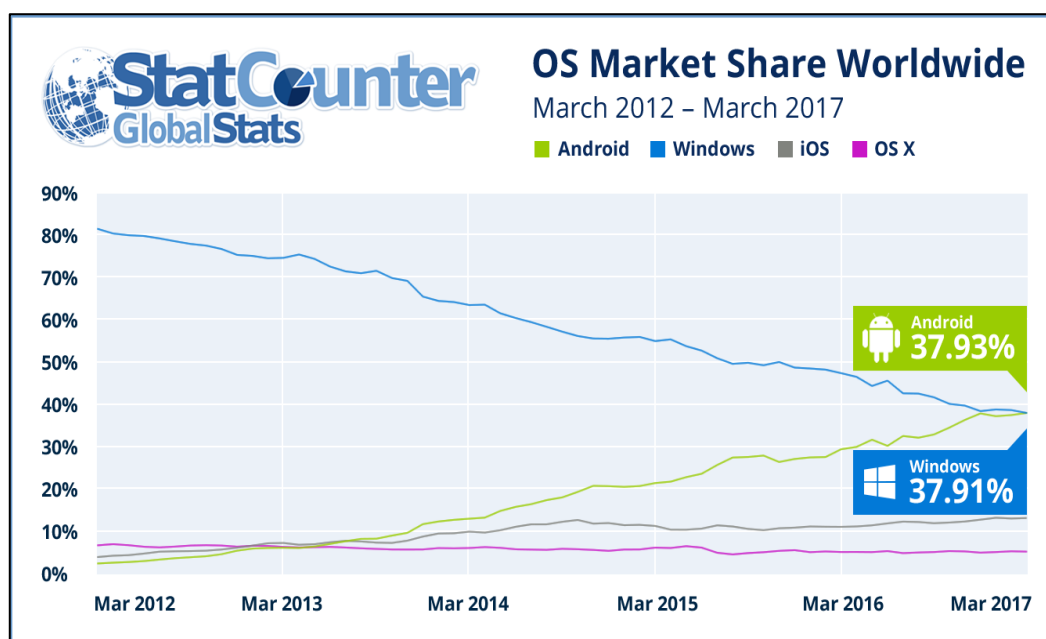


Figura 4. Sistemas Operativos para móviles más utilizados en el mundo.
Fuente: StatCounter (2017). Obtenido de: Android Overtakes Windows for first time.
<http://gs.statcounter.com/press/android-overtakes-windows-for-first-time>

Android no deja de ganar usuarios mientras que Windows se encuentra en picada desde el año 2011. (El País, 2017) Los 3 sistemas operativos más utilizados en la actualidad son: Android, iOS y Windows 10 Mobile.

2.5.1.1. *Android*

Es el sistema operativo más popular en el mercado para dispositivos móviles, está construido sobre el núcleo de Linux, fue creado con el objetivo de que los desarrolladores aprovechen al máximo de las herramientas que posee, en la Figura 5 se puede observar

su arquitectura que permite que cualquier aplicación tenga acceso a las diversas funcionalidades del dispositivo móvil, es de código abierto y su plataforma sigue expandiéndose, conforme crece la comunidad de desarrolladores (Yeicy, Jonathan, & Santiago, 2012).

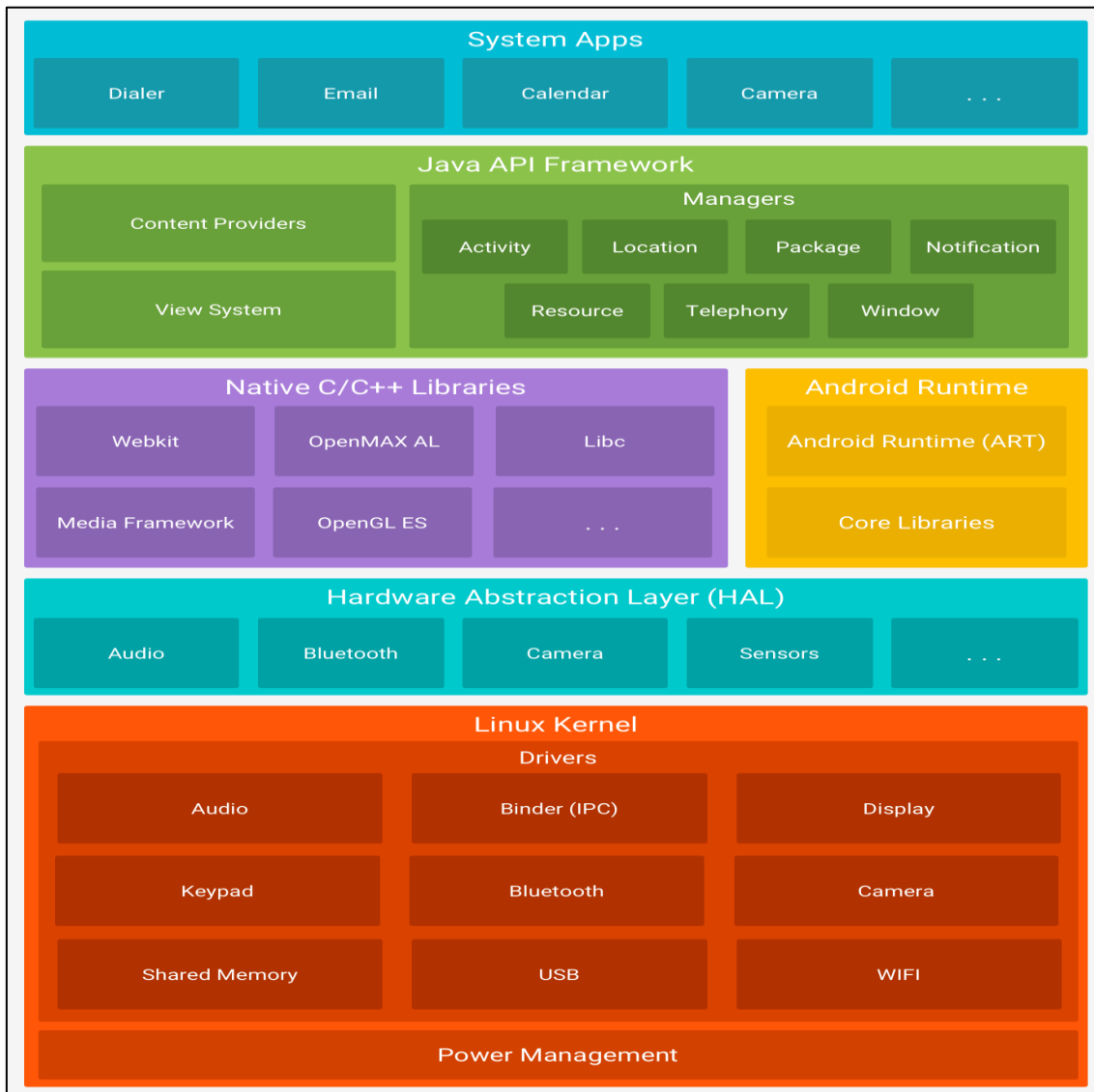


Figura 5. Arquitectura de Android.

Fuente: Android (2017). Obtenido de: Arquitectura de la plataforma.
<https://developer.android.com/guide/platform/index.html?hl=es-419>

Hay ciertas limitaciones dependiendo de la versión del sistema, por lo que hay que elegirla antes de empezar a programar, la opción que se seleccione será compatible en su mayoría con las versiones anteriores. En la Tabla 3 se muestran las versiones en orden de lanzamiento.

Tabla 3. Versiones de Android.

NOMBRE	NIVEL DE API	AÑO DE LANZAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Android 1.0	1	Septiembre 2008	Al ser la primera versión, no tuvo uso comercial.
Android 1.1	2	Febrero 2009	Corrección de errores de la versión anterior, casi no existían usuarios.
Android 1.5 (Cupcake)	3	Abril 2009	Se incorpora la predicción de texto, el soporte bluetooth, también la grabación de audio y video.
Android 1.6 (Donut)	4	Septiembre 2009	Brinda capacidad de búsqueda avanzada, detección de gestos táctiles, texto por voz y soporte para CDMA/EVDO, 802.1x y VPNs.
Android 2.0 (Éclair)	5	Octubre 2009	Actualización para bluetooth 2.1, sincronización de adaptadores, manejo de cuentas de forma centralizada, también optimización de velocidad del hardware.
Android 2.2 (Froyo)	8	Mayo 2010	Velocidad en ejecución del código gracias a la introducción del compilador JIT, mejoras con el navegador web, adaptación de JavaScript, acceso a internet para otros dispositivos, debido al mejoramiento de la conectividad.
Android 2.3 (Gingerbread)	9	Diciembre 2010	Soporte a pantallas de mayor tamaño, nueva interfaz de usuario, teclado en la pantalla con función multitáctil y las opciones cortar, copiar y pegar. Mejor gestión de energía.
Android 3.0 (Honeycomb)	11	Febrero 2011	Rediseño de la interfaz de usuario, introducción de fragments para personalizar la interfaz de usuario, mejora de notificaciones y transferencia de archivos multimedia.
Android 4.0 (Ice Cream Sandwich)	14	Octubre 2011	Renovación completa de la interfaz de usuario reemplazando completamente los botones físicos y colocándolos en la pantalla, mejor reconocimiento por voz, se introduce un gestor grafico de datos para revisión y consumo controlado, edición de imágenes.
Android 4.1 (Jelly Bean)	16	Julio 2012	Mejora de las debilidades de Android, como la fluidez en la interfaz de usuario, búsqueda por voz en Google Search renovada y nuevas funciones para saber la posición, horarios de búsqueda y agendas.
Android 4.4 (KitKat)	19	Octubre 2013	Ampliar la disponibilidad del S.O Android a un mayor número de dispositivos, incluso para funcionamiento en tamaños de memoria RAM de 512MB, por lo que se realizó una reducción de los requerimientos de memoria, junto con la creación de una nueva Api para que el S.O funcione en dispositivos con escasa memoria.

			<p>Conectividad mejorada con soporte NFC, Nueva forma de almacenamiento, abrir y crear documentos, también la posibilidad de mandar documentos a una impresora utilizando WiFi. Incorporación de la máquina virtual ART reemplazando a la Dalvik, pero de forma experimental.</p>
Android (5.0 Lollipop)	21	Noviembre 2014	<p>Extensión a nuevas plataformas como Android Wear, cambio a la arquitectura, mejora en tiempos de ejecución, soporte para dispositivos de 64 bits en ARM, x86, y MIPS. Ahorro de batería activado automáticamente, mejor gestión de la batería, paquetes para funcionalidades gráficas avanzadas, cambios de íconos, brinda guías completas para diseños.</p>
Android 6.0 (Marshmallow)	23	Octubre 2015	<p>Incorpora un administrador de permisos, en caso de que se cambie de dispositivo y se lo reinicie a valores de fábrica, creación de una copia de seguridad automática. Mejora en los comandos de voz y su uso, autenticación por huella digital, permite la utilización de otros dispositivos para almacenamiento externo, cuenta con Android Pay para pagos y aumento en la eficiencia de recursos.</p>
Android 7.0 (Android Nougat)	24	Julio 2016	<p>Abrir más de una aplicación en la pantalla, rediseño de las notificaciones, instalación de aplicaciones en cuestión de segundos. Incorporación de la plataforma virtual Daydream para la diferenciación de dispositivos compatibles, nueva Api para gráficos 3D, Ahorro de datos controlado por el usuario.</p>
Android 8.0 (Oreo)	26	Agosto de 2017	<p>Mayor control al momento de instalar aplicaciones, para tratar reducir el robo de información y la falta de privacidad. Barra de ajustes mejorada, activación automática de WiFi, etc.</p>

Fuente: Jesús Tomás (2017). Obtenido de: Las versiones de Android y niveles de API. <http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/146-las-versiones-de-android-y-niveles-de-api>

2.5.1.2. *Windows 10 Mobile*

Desarrollado por Microsoft para reemplazar a Windows Mobile, es un sistema operativo para dispositivos móviles, en la actualidad se encuentra entre los más utilizados.

La última actualización realizada fue en el año 2014 con la versión 8.1, en enero del año

2015 Microsoft dio el anuncio de que se enfocaría solo en un sistema llamado Windows 10 Mobile y daría de baja al Windows 8.1.

La edición de Windows 10 es para dispositivos inteligentes de un tamaño menor a 8 pulgadas, ejecutado en ARM y también en arquitecturas con el procesador IA-32 y 32 bits, siendo la plataforma de Microsoft la más completa y que busca unificar todos los servicios de Microsoft, utiliza Microsoft Edge como navegador, la versión más reciente se lanzó en marzo del 2016, estando disponible en dispositivos Lumia 950 y 950 XL. (Salazar, 2016)

Debido a la serie de fragmentaciones que han sufrido los sistemas operativos móviles de Microsoft, el Windows 10 Mobile es mucho más joven que sus competidores. En la Figura 6 se muestra un informe estadístico de Windows Phone.

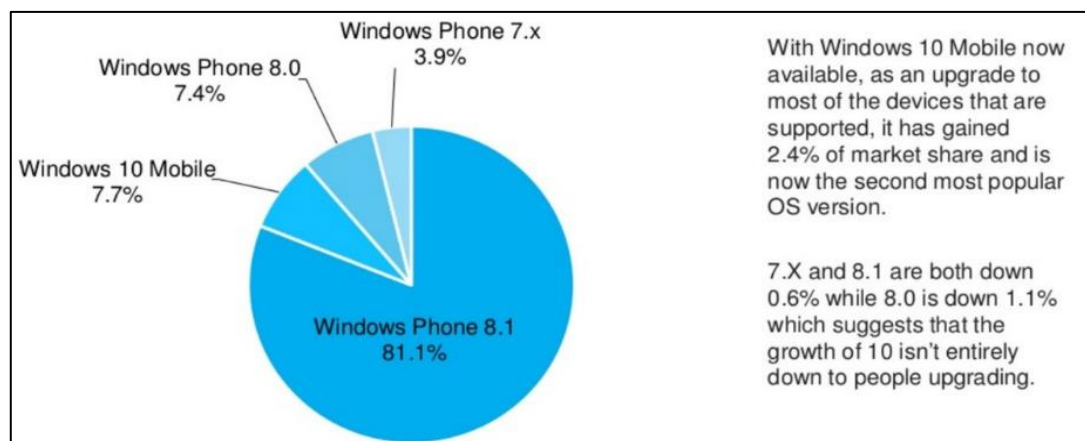


Figura 6. Informe de estadísticas del dispositivo Windows Phone.

Fuente: AdDuplex (2016). Obtenido de: AdDuplex Windows Phone Device Statistics Report– July 2016. <http://blog.adduplex.com/2016/07/adduplex-windows-phone-device-statistics-report-july-2016.html>

2.5.1.3. *iOS*

Este sistema operativo fue pensado inicialmente para equipos de escritorio y posteriormente modificado para ser utilizado en dispositivos móviles, nos presenta estabilidad y rapidez, con gran capacidad de ahorro de energía sin importar el número de aplicaciones que estén abiertas. Fue simplificado de Mac OS X para poder ser utilizado

en dispositivos móviles y que se acople totalmente al hardware táctil iPad, iPhone e iPod. En la Figura 7 se muestra la arquitectura de iOS.

Las tecnologías son compartidas entre iOS y Mac OS X cuenta con el kernel OS X, BSD, sockets para creación de redes, y Objective -C, y C / C + + compiladores para un rendimiento nativo (Correa, 2013).

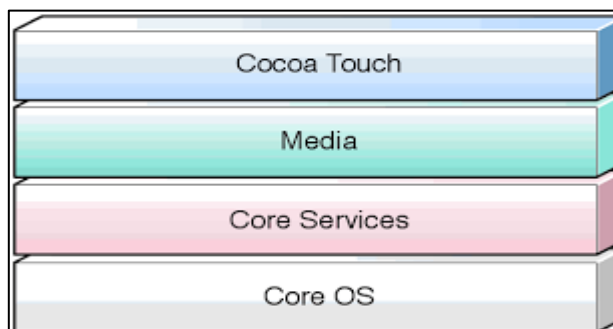


Figura 7. Arquitectura de capas iOS.

Fuente: Universitat Politècnica de València (2012). Obtenido de: Smartphones.
<https://histinf.blogs.upv.es/2012/12/03/smartphones/>

2.6. Tecnologías de comunicación inalámbrica

2.6.1. WiFi

Es la tecnología de comunicación inalámbrica más utilizada actualmente de bajo costo, inicialmente cada fabricante desarrollaba sus soluciones, por lo que la incompatibilidad de los diferentes dispositivos en el mercado supuso un problema, así que se decidió desarrollar un sistema común que todos los fabricantes aplicaran y que se pudieran operar sin importar el fabricante del equipo. La base de WiFi es su familia de protocolos 802.11 ratificadas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) (Fundación Escuela Latinoamericana de Redes, 2011).

2.6.2. Comunicación Satelital

Un sistema de comunicación satelital es un conjunto de elementos que tienen la capacidad de enviar información, haciendo uso de satélites artificiales por donde se realiza la transmisión de ondas electromagnéticas.

2.6.2.1. *Órbita geoestacionaria*

Tiene un periodo circular de 24 horas, a una altura de 35.800km, la mayoría de los satélites de comunicación deben permanecer fijos en un mismo punto que esté sobre la corteza terrestre, para que tanto transmisores como receptores puedan estar permanentemente apuntándoles, es perfecta, ya que el tiempo que demoran los satélites en dar una vuelta en la órbita geoestacionaria es el mismo que el de la tierra al girar en su propio eje (Ibarra & Serrano, 1999). En la Figura 8 se observa la cobertura mundial con tres satélites en la órbita geoestacionaria.

Según (Quintero, 2014) entre las principales perturbaciones que afectan a la órbita geoestacionaria tenemos las siguientes:

- Cuando se hace un cambio en la inclinación de la órbita de 0.75 a 0.95 debido a las atracciones entre la luna y el sol.
- Cuando un satélite cambia de posición al producirse una alteración en su velocidad causado por una asimetría en el campo de gravitación terrestre.
- Cuando el satélite modifica su posición ocasionado por posibles impactos de meteoritos que ocasionan daños en la estructura.

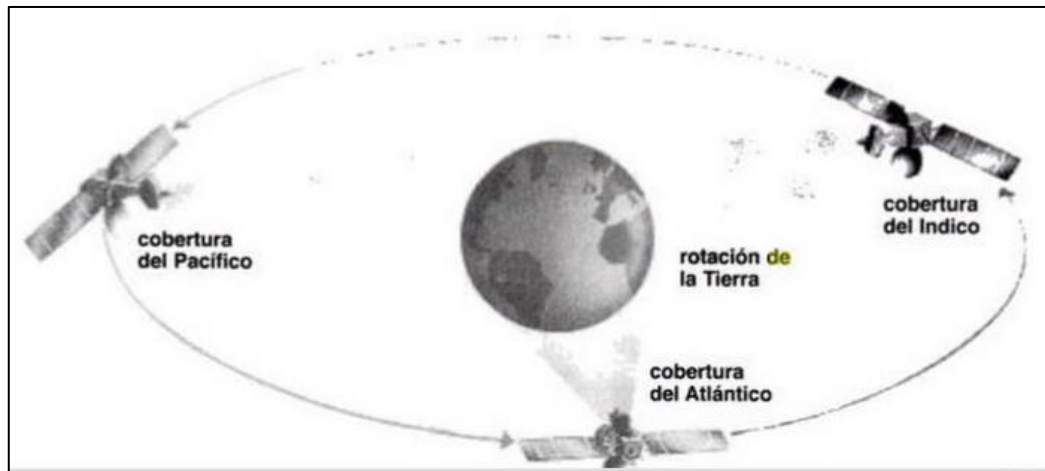


Figura 8. Cobertura mundial con tres satélites en la órbita geoestacionaria.

Fuente: Raúl Ibarra & Miguel Serrano (1999). Obtenido de: Principios de teoría de las comunicaciones, pág 22.

2.6.2.2. *Satélite artificial*

Un satélite artificial es un objeto que gira alrededor de un planeta, en su mayoría se encuentran ubicados en la órbita geoestacionaria y son colocados ahí mediante un cohete polietápico, es decir, un cohete con varias etapas.

2.6.2.3. *Tipos de Satélites artificiales*

Existen diversas clasificaciones, puede ser por su tamaño, el tipo de órbita y también de acuerdo con el uso que se les da, que es la clasificación más común. Según (Polaris, 2004) estos pueden ser:

- De comunicación
- De Navegación (IRIDIUM y los GPS)
- Meteorológicos
- De estudio de Recursos terrestres y marítimos
- Militares y de espionaje
- Científicos.

2.7.Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, que se encuentra en el espacio, brinda servicios de posicionamiento, navegación y cronometría a cualquier usuario del mundo y de forma gratuita, solo es necesario contar con un receptor del GPS para que el sistema le diga su ubicación, sin importar cuantos usuarios se encuentren conectados (Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite, 2017).

2.7.1. Banda “L”

Tradicionalmente la transmisión de señales de GPS se realiza en la banda UHF por dos de sus frecuencias, IEEE la denomina banda “L”, las frecuencias se denominan L1, L2 y L5, todas provienen de una misma frecuencia $f_0=10.23\text{MHz}$ (Egusquiza, 2016).

Los satélites transmiten 3 señales, una para uso civil (L1 C/A) y dos que son encriptadas para uso militar (L1P(Y), L2P(Y)), al tener dos bandas la precisión y el tiempo de convergencia se mejoran, porque los efectos ionosféricos son reducidos (Valadez, 2015). En la Figura 9 se puede observar el espectro de las señales GPS.

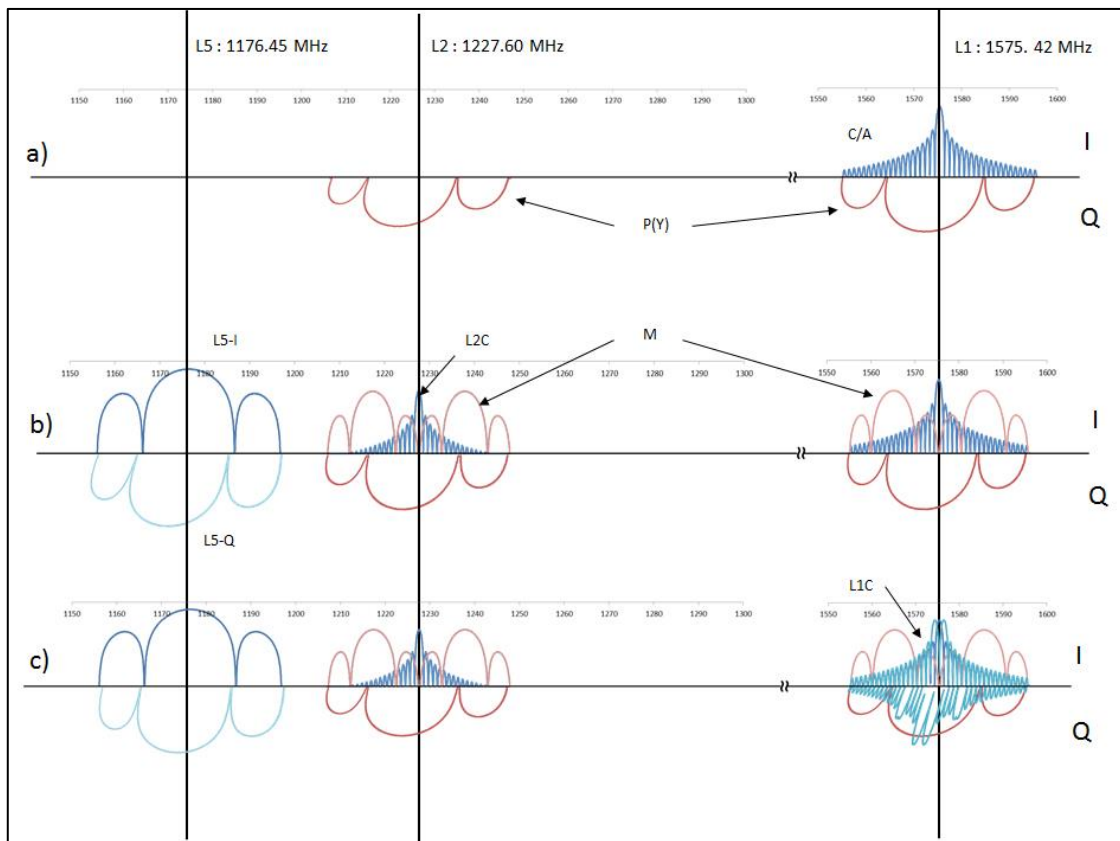


Figura 9. Uso del espectro por las señales preexistentes y las nuevas de GPS.

Fuente: Daniel Valadez (2015). Obtenido de: Estado de GNSS – Parte 1: Modernización de GPS.

<http://www.effigis.com/es/estado-de-gnss-parte-1-modernizacion-de-gps/>

Se conoce como banda L al intervalo de frecuencias comprendido entre 1 y 2 GHz, las antenas utilizadas son pequeñas y muy ligeras, esta banda es utilizada para operaciones globales, los usuarios cuentan con comunicaciones de banda ancha móvil en cualquier lugar del planeta. Entre sus aplicaciones se encuentran los servicios de video, móvil, datos y también brinda sistemas de navegación, las longitudes de onda pueden atravesar edificios, su propagación por el espacio es sencilla y los transmisores son de menor potencia (Egusquiza, 2016).

2.7.2. Componentes del sistema GPS

El Sistema de Posicionamiento Global tiene 3 elementos, que se muestran en la Figura 10.

Segmento espacial: Son los satélites en órbita que rodean la tierra.

Segmento de control: Son estaciones terrestres para el seguimiento y control, donde se monitorean los satélites.

Segmento de usuario: Es el receptor GPS que recibe las señales emitidas por los satélites.

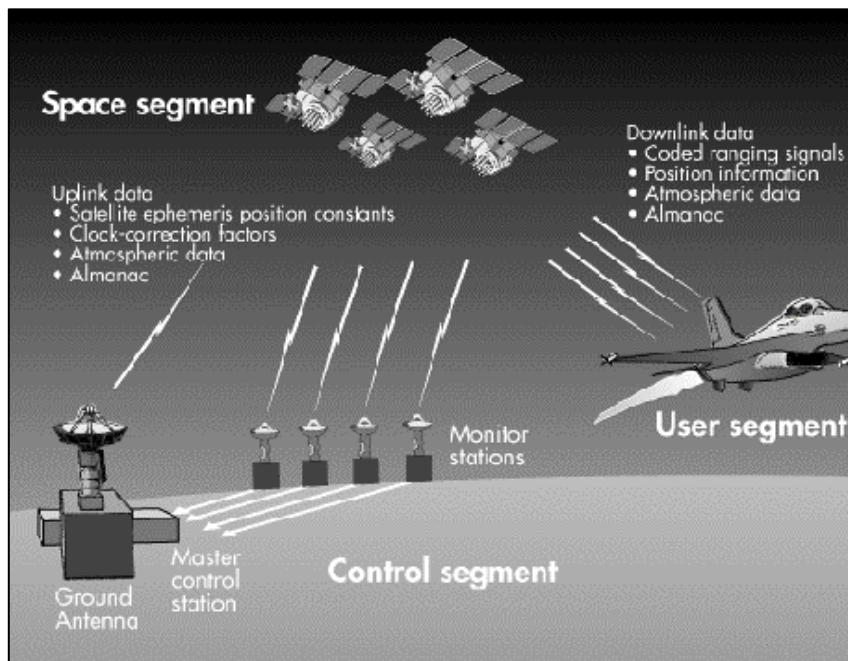


Figura 10. Segmentos del Sistema de Posicionamiento Global.

Fuente: Jorge Fallas (2002). Obtenido de: Sistema De Posicionamiento Global.

https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Fallas5/publication/228389461_SISTEMA_DE_POSICIONAMIENTO_GLOBAL/links/55a529f008ae81aec9133e7e/SISTEMA-DE-POSICIONAMIENTO-GLOBAL.pdf

2.7.3. Funcionamiento del GPS

El GPS según (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2017) cuenta con 5 pasos principales:

2.7.3.1. *Triangulación.*

Los satélites son utilizados como puntos de referencia para poder indicar la ubicación del receptor GPS en la tierra, la medición se realiza con la utilización de al menos 3 satélites.

2.7.3.2. *Distancias*

Para medir la distancia desde los satélites a un punto específico en la tierra, se toma en cuenta el tiempo que tardan las ondas transmitidas por un satélite hasta llegar al receptor GPS, para así conocer la longitud y la latitud.

2.7.3.3. *Tiempo.*

La medición del tiempo que tardan en viajar las señales de radio es un punto clave, por lo que los relojes empleados deben ser muy exactos, ya que se requiere de un control riguroso del tiempo.

2.7.3.4. *Posición.*

La posición de los satélites es necesaria para poder conocer la posición del receptor, debido a que se sabe que todos los satélites se encuentran a una distancia aproximada de 20000 km de altura en el espacio, se puede asumir que éstos orbitarán de manera predecible haciendo uso de ecuaciones matemáticas.

2.7.3.5. *Corrección.*

En lo que se refiere a cálculos en los sistemas GPS, la señal puede verse afectada de muchas formas, por lo que los errores pueden ser difíciles de eliminar, el GPS debe corregir los problemas relacionados a los tiempos de viaje que se dan cuando la señal ingresa a las diferentes capas de la atmosfera.

2.7.3.6. *Posicionamiento Diferencial*

Cuando se utiliza el método de navegación autónoma la precisión con respecto a la posición puede variar significativamente, hasta 100m para civiles y 20m para militares.

El posicionamiento diferencial hace uso de una o más estaciones para obtener una referencia de coordenadas y un receptor móvil. El objetivo de este tipo de navegación es la utilización de las coordenadas ya conocidas, que servirán como puntos de referencia, ya que las estaciones en todo momento se encuentran analizando y reportando posiciones, luego se comparan las posiciones dadas por el GPS con las coordenadas de los puntos de referencia y así se obtiene el error que es la diferencia que queda entre estos dos puntos, una vez encontrado el error es corregido en la estación base y aplicado a más receptores, para esta etapa se requiere de un software específico o que los datos sean corregidos en tiempo real (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2017).

2.8.Sistemas de Mapeo

2.8.1. Google Earth

Es una herramienta de Google que brinda información geográfica mundial a sus usuarios en cualquier lugar que se encuentren. Página oficial: <https://earth.google.com/web/>. Contiene herramientas para navegación, búsquedas de ubicaciones específicas, visualizaciones de cualquier lugar del planeta, entre otros.

La visualización que presenta puede ir desde relieves, edificios 3D y otras imágenes con tomas realizadas por satélites. Para utilizarlo solo es necesario ingresar una dirección en el buscador de la herramienta y pulsar enter, Google Earth mostrará la ubicación y brindará información. (Google, 2018).

2.8.2. ArcGIS

Es una plataforma de mapeo y análisis, proporciona herramientas para el mapeo espacial, sus capacidades son variadas y serán listadas a continuación (Esri, 2018):

- Para la realización de análisis espaciales, es utilizado para encontrar ubicaciones, planificación de comunidades inteligentes y rápida respuesta en caso de situaciones críticas.
- Para imágenes y teledetección, con esta plataforma se puede administrar y extraer respuestas de imágenes y datos que se detectan de forma remota. Tiene herramientas para flujos de trabajo en visualización y análisis y recolección de imágenes.
- Para mapeo y visualización, es utilizado para detección de patrones espaciales que ayudan a la toma de medidas, los mapas pueden ser compartidos a cualquier dispositivo.

2.8.3. QGIS

Es un sistema de código abierto con información geográfica disponible para cualquier desarrollador, donde se puede crear, editar, visualizar, analizar y publicar información geoespacial, es fácil de utilizar y cuenta con una gran variedad de herramientas, está licenciado por GNU (General Public License) y es un proyecto oficial de OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) (QGIS, 2018).

2.9. Bases de datos

2.9.1. PostgreSQL

Es una base de datos relacional basada en software libre, derivada del código original de Berkeley. Se lleva desarrollando desde hace 15 años, con una arquitectura sólida permite integridad en los datos, disponible para los sistemas operativos más utilizados, como MacOS, UNIX, GNU Linux y Windows. Sus tipos de datos incluyen Integer, Numeric, Boolean, Char, Varchar, Date, Interval y Timestamp. Cuenta con una documentación completa e interfaces de programación nativas para C / C++, Java, .Net, Perl, Python, Ruby, Tcl, ODBC, entre otros. En la Tabla 4 se presentan las características de PostgreSQL y en la Tabla 5 se muestra varias limitaciones de PostgreSQL (PostgreSQL, 2017).

Tabla 4. Características de PostgreSQL.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Base de datos relacional
2	Alta disponibilidad
3	Gran comunidad
4	Fácil de instalar
5	Soporte de datos espaciales completo
6	Gran soporte JSON
7	Código abierto
8	Buena documentación
9	Escalable
10	Gran variedad de extensiones

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: MySQL vs. PostgreSQL vs. MongoDB <https://stackshare.io/stackups/mongodb-vs-mysql-vs-postgresql#more>

Tabla 5. Limitaciones de PostgreSQL.

LÍMITE	VALOR
Tamaño máximo de base de datos	Ilimitado
Tamaño máximo de tabla	32 TB
Tamaño máximo de fila	1.6 TB
Tamaño máximo de campo	1 GB
Filas máximas por tabla	Ilimitado

Columnas máximas por tabla	250 - 1600 dependiendo de los tipos de columnas
Índices máximos por tabla	Ilimitado.

Fuente: PostgreSQL (2017). Obtenido de: PostgreSQL <https://www.postgresql.org/about/>

2.9.2. MongoDB

Es una base de datos no relacional basada en software libre, que puede ser utilizada por todo tipo de clientes, ya sea organizaciones grandes o programadores que trabajen individualmente, permite evolución y adaptación rápida conforme las aplicaciones se modernizan, inicialmente comprendía una implantación de servidor única, pero ahora se lo puede utilizar en grandes arquitecturas para centros multidados. Al suscribirse a MongoDB, se tiene acceso a licencias comerciales y cuenta con una asistencia profesional, brinda seguridad avanzada, servicios de monitorización on-premises, y también soporte SNMP (MongoDB, 2017). En la Tabla 6 se presentan sus características.

Tabla 6. Características de MongoDB.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Base de datos no SQL
2	Soporte de datos espaciales
3	Gran soporte JSON
4	Código abierto
5	Buena documentación
6	Alta disponibilidad
7	Alto rendimiento
8	Programación ágil, flexible y rápida
9	Escalable
10	Fácil integración con NODE.JS
11	Soporte para varios idiomas

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: MySQL vs. PostgreSQL vs. MongoDB <https://stackshare.io/stackups/mongodb-vs-mysql-vs-postgresql#more>

2.9.3. MySQL

Es una base de datos de código abierto, que es compatible con Linux, MacOS Windows, entre otros, es principalmente usada para la realización de aplicaciones Web,

entre sus usuarios se encuentran, Facebook, Twitter y YouTube, es distribuida por miles de ISV y OEM. Ofrece seguridad a sus usuarios, hace uso de contraseñas cifradas y es fácil de utilizar (Oracle, 2017). En la Tabla 7 se presentan las características de MySQL.

Tabla 7. Características de MySQL.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Base de datos relacional
2	Soporte de datos espaciales
3	Gran soporte JSON
4	Código abierto
5	Buena documentación
6	Soporte JSON
7	Soporte de datos espaciales
8	Código abierto
9	Escalable
10	Ampliamente utilizado
11	Robusto
12	Rápido
13	Fácil
14	Ligero

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: MySQL vs. PostgreSQL vs. MongoDB
<https://stackshare.io/stackups/mongodb-vs-mysql-vs-postgresql#more>

2.10.Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es una forma de comunicación llevado a cabo por computadores con la realización de procesos, es utilizado para la creación de programas. Según Tiobe en su última actualización de noviembre del 2017 los sistemas operativos más populares son: Java, C, C++ y Python, como se muestra en la Figura 11.

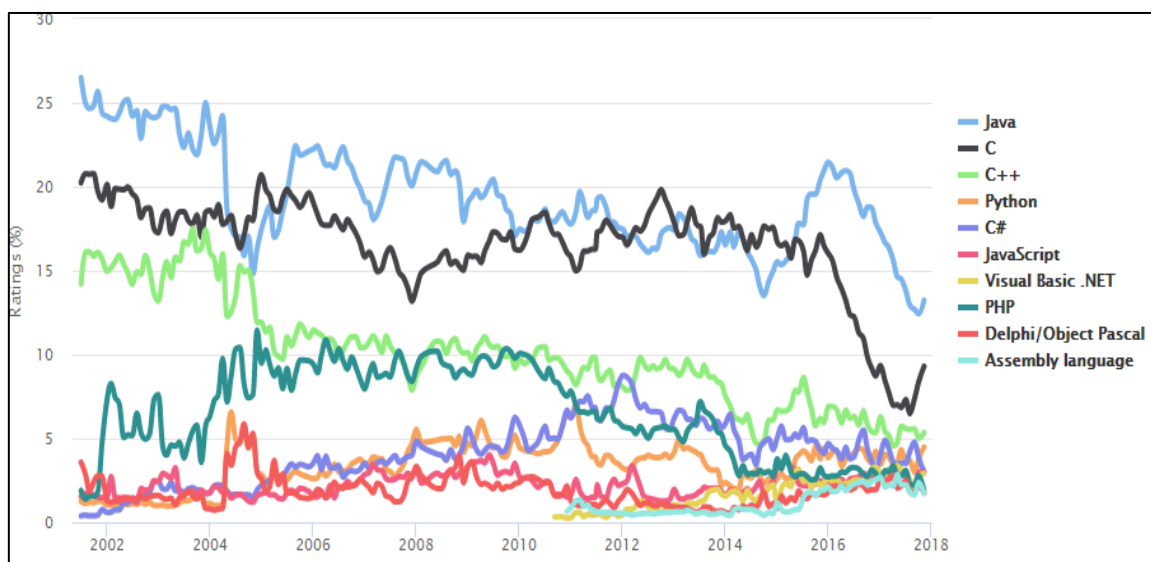


Figura 11. Índice TIOBE de Sistemas Operativos.

Fuente: TIOBE (2017). Obtenido de: TIOBE Index for November 2017. <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>

2.10.1. Java

Es un lenguaje de programación para crear y desarrollar aplicaciones, en su versión más reciente se han realizado importantes mejoras en rendimiento, seguridad para las aplicaciones y mayor estabilidad, su actualización es gratuita. Es necesario para el funcionamiento de varias aplicaciones y sitios web, sus desarrolladores ascienden a 9 millones en el planeta y es utilizado en más de 125 millones de dispositivos por su eficacia y facilidad de uso (Java, 2017).

2.10.2. JavaScript

JavaScript.com fue creado por Pluralsight un equipo de desarrollo de la comunidad de JavaScript como un nuevo recurso para programadores. Es un excelente lenguaje para personas que empiezan en el mundo de la programación, con una gran variedad de recursos para el aprendizaje e información en línea que es actualizada constantemente para que los programadores se encuentren actualizados en noticias, bibliotecas y más (JavaScript, 2018).

2.10.3. C

Es un lenguaje de programación muy flexible, es multiplataforma, aunque es un lenguaje de programación a alto nivel, considerado así por su estructura y funciones, también se puede programar a bajo nivel. Se usa la mayoría de las veces para crear aplicaciones en ordenadores (Rena, 2004).

2.10.4. C++

Llamado "C Plus Plus" es un lenguaje de programación orientado a objetos, se considera como una ampliación del C. Es muy popular debido a que la programación puede ser a alto o a bajo nivel, como casi todo se realiza manualmente su aprendizaje es complejo (La revista informatica, 2015).

2.10.5. Python

Es un lenguaje de programación fuerte y de fácil aprendizaje, sus estructuras de datos son eficientes y de alto nivel, una de sus características es su sintaxis, puede ser desarrollado sobre la mayoría de las plataformas, tanto su intérprete de Python como su biblioteca estándar se encuentran disponibles para cualquiera (Python, 2017).

2.11. Entornos gráficos de desarrollo

2.11.1. Eclipse

Desarrollada por IBM y puesto su código fuente a disposición de los usuarios, está basado en Java y es una plataforma de desarrollo de código abierto, para desarrollo de las llamadas aplicaciones de "Cliente Enriquecido", lo contrario a aplicaciones de "Cliente-liviano", cuenta con un conjunto de servicios para la realización del entorno y cuenta con

complementos para el desarrollo de Java, C/C++, etc (Gutierrez, 2004). En la Tabla 8 se presentan las características de Eclipse. Spring Tool Suite está basado en Eclipse y está personalizado para el desarrollo de aplicaciones Spring.

Tabla 8. Características de Eclipse.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Integración con gran cantidad de herramientas
2	Fácil de usar
3	Soporta Java
4	Código abierto
5	Altamente personalizable
6	Múltiples lenguajes
7	Multiplataforma

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: IntelliJ IDEA vs. Visual Studio vs. Eclipse <https://stackshare.io/stackups/eclipse-vs-intellij-idea-vs-visual-studio>

2.11.2. Android Studio

Brinda las herramientas necesarias para crear aplicaciones en dispositivos Android. Es un sistema de compilación rápido y se adapta a las necesidades del usuario, al brindarle las herramientas necesarias para edición y depuración en un sistema flexible y eficiente (Android, 2017). En la Tabla 9 se presentan las características de Android Studio.

Tabla 9. Características de Android Studio.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Completa
2	Herramientas node.js
3	Fácil de usar
4	Rápido
5	Herramientas de productividad
6	Admite muchos idiomas
7	No es de código abierto
8	No es Multiplataforma

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: IntelliJ IDEA vs. Visual Studio vs. Eclipse <https://stackshare.io/stackups/eclipse-vs-intellij-idea-vs-visual-studio>

2.11.3. IntelliJ IDEA

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) utilizado para el desarrollo de programas, no está basado en Eclipse y ofrece al programador un conocimiento profundo de su código. Brindando conexiones de lenguaje y proyectos, proporciona asistencia a profundidad en la codificación, análisis de errores y rápida navegación. Detecta códigos duplicados, presenta rápidas soluciones inspeccionando el código, ofrece refactorizaciones efectivas y análisis de flujo de datos (Jetbrains, 2018). En la Tabla 10 se presentan las características de IntelliJ IDEA.

Tabla 10. Características de IntelliJ IDEA.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Admite muchos idiomas
2	Análisis de código
3	Navegador de base de datos integrado
4	Servidor web incorporado
5	Integración con Maven, Git, SYN
6	Soporta refactorización de código
7	No es de código abierto
8	Multiplataforma

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: IntelliJ IDEA vs. Visual Studio vs. Eclipse <https://stackshare.io/stackups/eclipse-vs-intellij-idea-vs-visual-studio>

2.12. Editores de Código

2.12.1. Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código fuente muy ligero y potente, su ejecución es en el escritorio, disponible para Windows, MacOS y Linux. Tiene soporte integrado para JavaScript, TypeScript y Node.js, cuenta con una gran variedad de extensiones con los que se puede usar más lenguajes tales como C ++, C #, Java, Python, PHP, Go. En la Tabla 11 se presentan las características de Visual Studio Code (Microsoft, 2018).

Tabla 11. Características de Visual Studio Code.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Multilenguaje
2	Fácil de usar
3	Soporte TypeScript
4	Más rápido que Atom
5	Excelentes herramientas de refactorización
6	Gran cantidad de extensiones
7	Código abierto
8	Poderoso y rápido

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: Visual Studio Code vs. Monaco Editor <https://stackshare.io/stackups/monaco-editor-vs-visual-studio-code#more>

2.12.2. Atom

Atom es un editor de código de fuente para macOS, Linux, y Windows, se pueden instalar complementos de Node.js y fue desarrollada por GitHub. Cuenta con una gran comunidad que colabora activamente, el código es fácil de compilar directamente y a tiempo real (GitHub, 2018). En la Tabla 12 se presentan las características de Atom.

Tabla 12. Características de Atom.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Código abierto
2	Diseño modular
3	Respaldado por GitHub
4	Web nativo
5	Gran variedad de complementos
6	Simple y poderoso
7	Buena documentación
8	Construido con node.js

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: Sublime Text vs. Atom vs. Vim <https://stackshare.io/stackups/atom-vs-sublime-text-vs-vim>

2.12.3. Sublime Text

Sublime Text es un editor de código de fuente sofisticado, permite realizar hasta 10 cambios a la vez, modificar variables, cuenta con una potente API de Python para aumentar complementos. Cuenta con una función de pantalla dividida para aprovechar al

máximo el monitor y sus componentes son personalizables. En la Tabla 13 se presentan las características de Sublime Text.

Tabla 13. Características de Sublime Text.

Nº	CARACTERÍSTICAS
1	Rápido
2	Ligero
3	Buena documentación
4	Fácil de usar
5	Construido en Python
6	Múltiples selecciones
7	Reanudación de ediciones

Fuente: Stackshare (2018). Obtenido de: Sublime Text vs. Atom vs. Vim
<https://stackshare.io/stackups/atom-vs-sublime-text-vs-vim>

2.13. Algoritmos para la búsqueda del camino

2.13.1. Algoritmo de Dijkstra

Es un algoritmo que sirve para calcular el camino mas corto de un determinado número de vértices, para que se pueda realizar este cálculo es necesario que las longitudes entre vértices (arcos) sean positivas y que se cuente con una dirección para seguir (del origen al destino), es decir que los vértices solo pueden ser recorridos en una sola dirección. El algoritmo recorre cada posible camino desde el origen tomando en cuenta el costo de cada uno y seleccionando el de menor costo, una vez encontrado el algoritmo se detiene. No funciona con costos negativos (Peñaranda-Ortega, Osca-Lluch, Ferrer, Civera-Mollá, & Tortosa-Gil, 2009).

El algoritmo de Dijkstra trabaja partiendo de un origen (vértice inicial), a partir del cual seguirá evaluando los vértices adyacentes utilizando la técnica greedy que consiste en el principio que dice que una ruta es óptima cuando todas sus secciones también lo son, se escoge cada vértice tomando en cuenta que la distancia sea menor y se repite el proceso hasta terminar, es decir hasta que se llegue al vértice de destino. Al trabajar por etapas el algoritmo no considera consecuencias en el futuro, también si surge una solución

mas optima, se puede modificar la ruta, algo que puede cambiar hasta llegar a la mejor solución (Peñaranda-Ortega, Osca-Lluch, Ferrer, Civera-Mollá, & Tortosa-Gil, 2009).

A continuación, se presenta el funcionamiento del algoritmo de Dijkstra con un ejemplo:

Las IDs se encuentran en el interior de cada círculo de color rojo, los pesos se representan de color negro, las distancias entre cada nodo se representan con infinito, ya que aún son desconocidas y de color azul cuando se conozcan, como se muestra en la Figura 12.

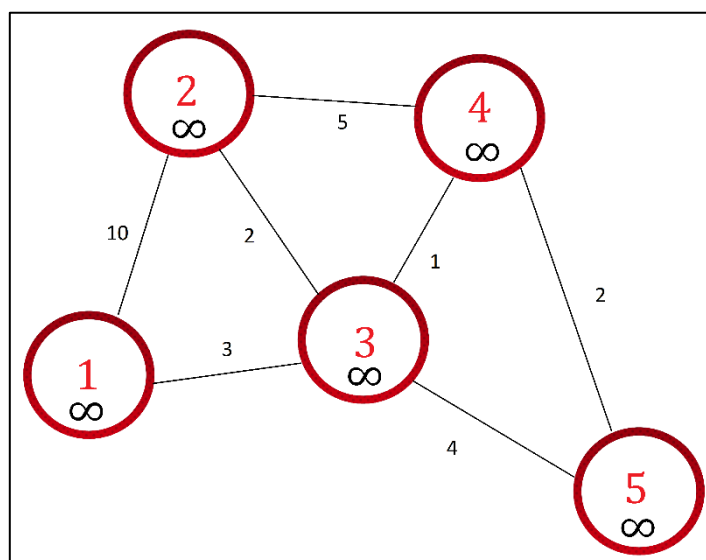


Figura 12. Nodos de un Grafo.
Fuente: Autoría

En este caso se considera como origen al nodo 1 al que se le asigna una etiqueta con el valor de cero, ya es el punto de partida y el nodo 4 será el destino. Luego se evalúan los nodos próximos al nodo 1, es decir a los que se llega directamente y se les asigna también una etiqueta. Todas las etiquetas se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Etiquetas de los nodos 1, 2 y 3.

ETIQUETA	VALOR ACUMULADO	PROCEDENCIA	INTERACCIÓN
Nodo 1	0	-	0
Nodo 2	0+10	1	1

Nodo 3	0+3	1	1
--------	-----	---	---

Fuente: Autoría

Al analizar los resultados se determina que en nodo 3 tiene menor valor por lo que se convierte en un valor permanente, como se muestra en la Figura 13.

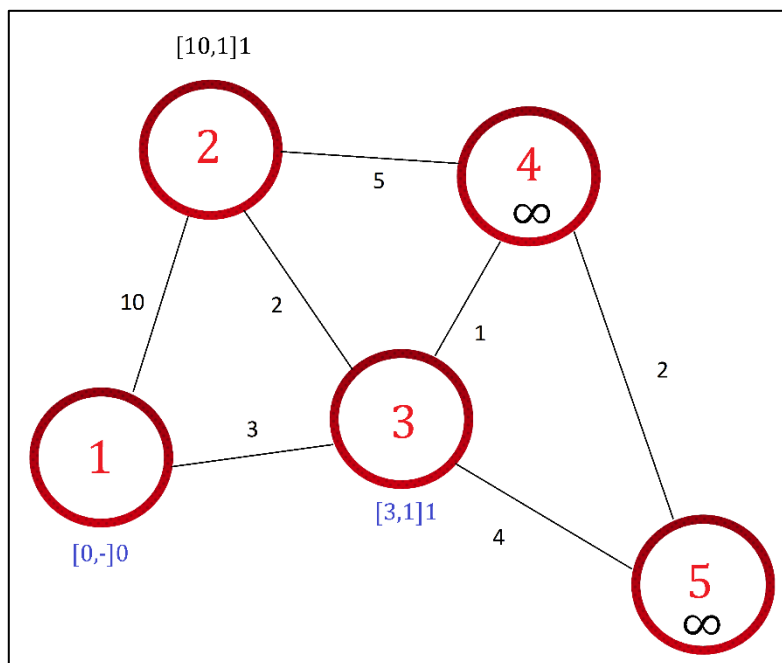


Figura 13. Nodo 3 permanente.
Fuente: Autoría

Se repite el proceso anterior, pero desde el nodo 3 y se les asigna también una etiqueta. Todas las etiquetas se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Etiquetas de los nodos 3, 4 y 5.

ETIQUETA	VALOR ACUMULADO	PROCEDENCIA	INTERACCIÓN
Nodo 3	0+3	1	1
Nodo 4	0+3+1	3	2
Nodo 5	0+3+4	3	2

Fuente: Autoría

Finalmente se determina el camino mas corto del nodo 1 al nodo 4, como se muestra en la Figura 14.

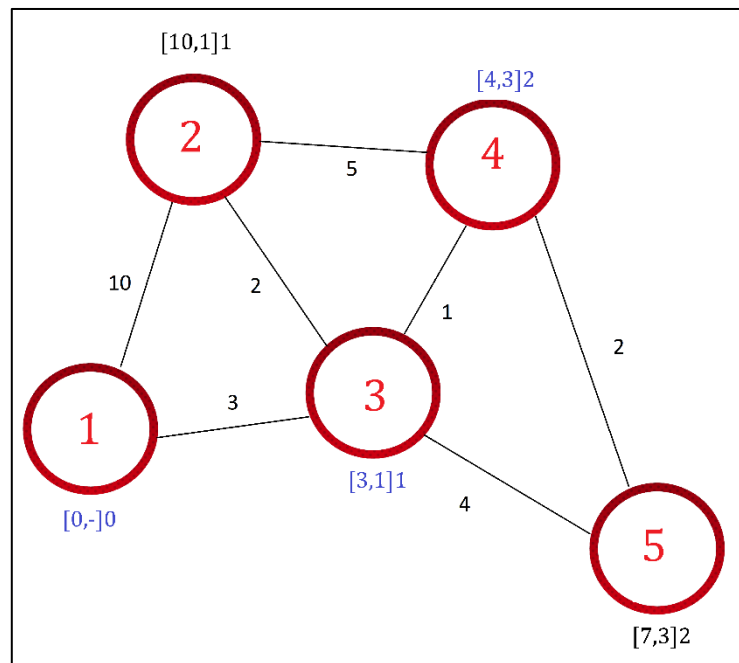


Figura 14. Nodo 4 permanente.
Fuente: Autoría

2.13.2. Algoritmo de Bellman-Ford

Es un algoritmo que sirve para encontrar el camino mas corto generándolo en un grafo que sea dirigido, el costo de los arcos puede ser positivo o negativo, tarda mas tiempo de ejecución que el algoritmo de Dijkstra. En caso de existir un costo negativo, el algoritmo devolverá un valor booleano y si el costo es positivo se calculará y devolverá el costo del camino mínimo (Delgado, 2016).

2.13.3. Algoritmo de Floyd–Warshall

Es un algoritmo que sirve para encontrar el camino mas óptimo entre los pares de nodos que comprenden un grafo en una sola ejecución. En este algoritmo es necesario que se adjunte información adicional en las iteraciones para poder registrar cada ruta lo que agrega cierto grado de complejidad. Las rutas finales y optimas solo pueden ser recuperadas al final del algoritmo. (Eric Manuel Aguayo Moreno, 2008).

Capítulo 3. Diseño del Sistema de Movilidad

Este capítulo contiene un análisis de la situación actual de la Universidad Técnica del Norte, su infraestructura, el desarrollo del trazado de rutas, los requerimientos y finalmente la elección del software para el diseño del sistema.

3.1.Situación Actual

Tomando en cuenta lo establecido en el desarrollo del problema se realiza a continuación un análisis de la situación actual de las personas con discapacidad visual en calidad ciudadanos y de cómo el acceso a la educación se ve limitado por el tema de movilidad en las instituciones educativas.

La educación y el acceso a la misma es la necesidad más importante que tienen las personas con discapacidad visual, ya que la principal causa de exclusión se presenta en el campo laboral a la hora de querer conseguir un empleo, en el lapso comprendido entre los años 2007 y 2014 un total de 11200 personas con discapacidad visual lograron obtener un empleo, según la Federación Nacional de Ciegos del Ecuador, una cifra muy baja considerando que en el Ecuador existen 274000 personas con discapacidad visual. Debido a que en los centros educativos no existen las herramientas adecuadas para enseñar a personas con discapacidad visual, éstos optan por trabajos en ventas ambulantes que ponen en peligro sus vidas, según explica Mario Puruncajas presidente de la Federación de Ciegos del Ecuador (FENCE).

Además del personal docente, administrativo y estudiantil que recorre el campus universitario a diario, la Universidad Técnica de Norte también es sede de múltiples eventos culturales y conferencias magistrales con expositores nacionales e internacionales donde participa la ciudadanía, no solo de Ibarra, sino de todo el país y que acoge también a personas con discapacidad visual que participan en calidad de oyentes.

Según el Departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos a menudo se realizan eventos, conferencias y capacitaciones para personas con discapacidad visual, haciendo uso principalmente para la realización de estos eventos de: la biblioteca, el auditorio Agustín Cueva y la Sala de conferencias del edificio de Posgrado. El último evento realizado fue en el mes de abril del año 2018, donde se abrieron cursos para la enseñanza de la escritura/lectura del lenguaje Braille para las personas que deseen aprenderlo.

3.1.1. Descripción de la infraestructura Física de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica Del Norte tiene un total de 10 edificios, en los que se encuentran los diferentes departamentos, aulas y servicios. También cuenta con áreas verdes y zonas deportivas para la recreación de los estudiantes. Esta información fue obtenida del departamento de Mantenimiento y Construcciones que proporcionaron el Inventario de Edificaciones (2018).

3.1.1.1. Administración Central

Es el Edificio Central, se encuentra frente a la entrada principal. En la Tabla 16 se muestra los departamentos encontrados en el Edificio Central.

Tabla 16. Distributivo del Edificio Central.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO
1	Guardia	X			
2	Secretaría	X			
3	Recepción de Documentos	X			
4	Departamento Talento Humano	X			
5	Departamento Financiero	X			
6	Rectorado		X		

8	Vicerrectorado	X	
10	Dirección CUICYT		X
12	Sala José Martí		X
13	Estudios Tv		X
14	Radio Universitaria		X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

El Edificio de Administración Central cuenta con varios departamentos importantes para cualquier estudiante, por lo que también serán registrados en el sistema para consultas.

3.1.1.2. *FECYT*

La Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología tiene un total de 33 aulas y capacidad para 1110 personas. En la Tabla 17 se muestra los departamentos encontrados en la FECYT y se señalan los que serán agregados en el proyecto.

Tabla 17. Distributivo de la FECYT.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO	CUARTO PISO ALTO
1	Sala de Uso Múltiple	X				
2	Secretarías: Licenciaturas	X				
3	Laboratorio Audiovisual	X				
4	Aulas		X	X	X	X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.3. *FACAE*

La facultad de Ciencias Administrativas y Económicas tiene un total 26 aulas y capacidad para 917 personas. En la Tabla 18 se muestra los departamentos encontrados en la FACAE.

Tabla 18. Distributivo de la FACAE.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO
1	Secretaría	X			
2	Estudio de Grabación y Filmaciones	X			
4	Aulas		X	X	X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.4. FICA

La facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas tiene un total 19 aulas y capacidad para 564 personas. En la Tabla 19 se muestra los departamentos encontrados en la FICA.

Tabla 19. Distributivo de la FICA.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO	CUARTO PISO ALTO
1	Secretarías CINDU, CIME, CISIC, CITEX, CIERCOM	X				
2	Sala de Sesiones	X				
3	Aulas		X	X	X	X
4	IEEE			X		
5	Oficina Docentes					X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.5. FICAYA

La facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales tiene un total 13 aulas y capacidad para 254 personas. En la Tabla 20 se muestra los departamentos encontrados en la FICAYA.

Tabla 20. Distributivo de la FICAYA.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO	CUARTO PISO ALTO
1	Secretarías: Agroindustrias, Forestal, Agronegocios y Local de Ventas, Agropecuaria y Recursos Naturales	X				
2	Sala de Audio Visuales	X				
3	Aulas		X	X	X	X
4	Herbario		X			
5	Sala de Uso Múltiple					X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.6. Auditorio “Agustín Cueva”

El auditorio más grande del campus universitario tiene una capacidad para 500 personas. En la Tabla 21 se muestra el distributivo del Auditorio “Agustín Cueva”.

Tabla 21. Distributivo del Auditorio “Agustín Cueva”.

Nº	DEPARTAMENTO	SUBSUELO	PLANTA ALTA
1	Área De Danza	X	
2	Palcos		X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.7. Biblioteca General

Es el punto de reunión de la comunidad universitaria, para ayuda y realización de tareas. En la Tabla 22 se muestra los departamentos encontrados en la Biblioteca General.

Tabla 22. Distributivo de la Biblioteca General.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO
1	Área de No Videntes	X			
2	Área de Libros	X			
3	Área de Internet	X			
4	Hemeroteca		X		
5	Área de Lectura		X		
6	Club de Robótica			X	
7	Área Consulta				X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.8. *Edificio Postgrado*

El edificio de Posgrado cuenta con un auditorio que es el segundo más utilizado para la realización de eventos después del auditorio “Agustín Cueva”, tiene un total 14 aulas y capacidad para 490 personas. En la Tabla 23 se muestra los departamentos encontrados en el Edificio Postgrado.

Tabla 23. Distributivo del Edificio Postgrado.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO
1	Sala de Conferencias	X		
2	Dpto. Legal	X		
3	Auditorio	X		
4	Aulas		X	X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.9. *Bienestar Universitario*

Tiene un total de 42 oficinas para docentes, 2 laboratorios y centros para brindar ayuda a lo comunidad universitaria. En la Tabla 24 se muestra los departamentos encontrados en el edificio de Bienestar Universitario.

Tabla 24. Distributivo del edificio de Bienestar Universitario.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO
1	Secretaría	X			
2	Odontología	X			
4	Rayos X	X			
5	Vacunatorio	X			
6	Estación Enfermería	X			
7	Consulta Médica	X			
8	Ayuda Pedagógica (2 A 6 Años)		X		
9	Ayuda Pedagógica (6 Años)				X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

El Edificio de Bienestar Universitario cuenta con varios departamentos importantes para cualquier estudiante, por lo que también serán registrados en el sistema.

3.1.1.10. Comedor Universitario

En la Tabla 25 se muestra los departamentos o áreas encontradas en el Comedor Universitario.

Tabla 25. Distributivo del Comedor Universitario.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PLANTA ALTA
1	Sala Atención al Público	X	X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.11. Polideportivo

En la Tabla 26 se muestra los departamentos o áreas encontradas en el polideportivo.

Tabla 26. Distributivo Polideportivo.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PLANTA ALTA
1	Área administrativa		X
2	Cancha Multifunción	X	

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.12. E. CAI

El edificio del centro académico de idiomas, también se encuentran auditorios, aulas y laboratorios. En la Tabla 27 se muestra los departamentos encontrados en el E. CAI

Tabla 27. Distributivo del E. CAI.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO	CUARTO PISO ALTO
1	Centro de Biología		X			
2	Laboratorios: Electrónica, mecatrónica, química y física	X	X			
3	Auditorio Antonio Posso				X	

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.13. F.CC. SS

La facultad de Ciencias de la Salud tiene un total 22 aulas y capacidad para 770 personas. En la Tabla 28 se muestra los departamentos encontrados en la F.CC. SS.

Tabla 28. Distributivo de la F. CC. SS

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PRIMER PISO ALTO	SEGUNDO PISO ALTO	TERCER PISO ALTO	CUARTO PISO ALTO
1	Secretaría	X				
2	Sala de Grados	X				

3	Secretaría Escuela de Nutrición	X			
4	Secretaría de Escuela de Enfermería	X			
5	Aulas	X	X	X	X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.14. Gimnasio de Especialidades

Es un área cerrada para la recreación y ejercicio de la comunidad universitaria, tiene capacidad para 300 personas. En la Tabla 29 se muestra los departamentos encontrados en el Gimnasio de Especialidades.

Tabla 29. Distributivo del Gimnasio de Especialidades.

Nº	DEPARTAMENTO	PLANTA BAJA	PLANTA ALTA
1	Gimnasio de Fuerza	X	
2	Gimnasio de Aparatos	X	
3	Secretaría		X

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.1.1.15. Otras Áreas

Existen también áreas recreativas. En la Tabla 30 se muestran estas áreas.

Tabla 30. Distributivo Polideportivo.

Nº	DEPARTAMENTO	Capacidad (# de personas)
1	Complejo Acuático	500
3	Cancha Sintética 1	200
4	Cancha Sintética 2	600
5	Canchas de básquet en cemento	1200
6	Canchas de ecuavoley	200

Fuente: Dpto. Mantenimiento y Construcciones (2018). Obtenido de: Inventario y Características de Infraestructura Física - Memoria Gráfica

3.2. Técnicas de recolección de información

Se utilizan estas técnicas para obtener información necesaria y competente del lugar donde se realiza el proyecto lo que facilita la realización del mismo.

3.2.1. Entrevistas

La utilización este recurso permite la recopilación de información de las personas implicadas en el proyecto, con la siguiente división (dos grupos):

- **Primer grupo.** - La entrevista está dirigida las personas a cargo de los diferentes departamentos que forman parte del proyecto, cada una con diferentes preguntas dependiendo de su cargo, para obtener su opinión profesional.
- **Segundo grupo.** - La entrevista está dirigida a personas con discapacidad visual, con el objetivo de obtener información real de sus necesidades.

3.2.1.1. *Profesionales encargados de los departamentos (Primer grupo)*

Se seleccionó 3 departamentos (Departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos, Departamento de bienestar universitario y el Área de No Videntes), encargados de la seguridad, bienestar y asesoría de las personas con discapacidad visual y se entrevistó a su respectivo encargado para obtener información técnica y detallada de la situación actual en la universidad Técnica del Norte.

En la entrevista realizada a la Lic. Janeth Enríquez, encargada del Área de No Videntes de la Biblioteca en la Universidad Técnica del Norte, la información obtenida se resume en la Tabla 31 y el formato de la entrevista realizada con su respectivo resumen se encuentra en el ANEXO 1.

Tabla 31. Información obtenida de la entrevista realizada a la Lic. Janeth Enríquez, encargada del Área de No Videntes de la Biblioteca en la Universidad Técnica del Norte.

INFORMACIÓN	
Eventos realizados para personas con discapacidad visual	Aproximadamente 4 al año
Estudiantes con discapacidad visual que visitan el Área de No videntes	Aproximadamente 7 a la semana
Personas de afuera con discapacidad visual que visitan el Área de No videntes	Aproximadamente 6 niños y 2 adultos a la semana
Señalética	Interiores Vandalizada y poca Exteriores: Inexistente
Dificultades observadas de personas con discapacidad visual	Falta de una ruta definida y desorientación

Fuente: Entrevista realizada a la Lic. Janeth Enríquez

En la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez, Analista de Seguridad Ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos en la Universidad Técnica del Norte, la información obtenida se resume en la Tabla 32 y el formato de la entrevista realizada con su respectivo resumen se encuentra en los ANEXOS 2 y 3.

Tabla 32. Información obtenida de la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez, analista de seguridad ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos en la Universidad Técnica del Norte.

INFORMACIÓN	
Área de trabajo	Personas con discapacidad visual: Personal docente, administrativo y trabajadores de la Universidad Técnica del Norte
Trabajadores con discapacidad visual	6
Señalética	Interiores: Únicamente en el Edificio Central Exteriores: inexistente
Trazado de rutas	En proceso
Presupuesto para señalización	Para el año 2019
SEMÁFOROS	
Necesidad de implementación de semáforos	Prioridad media
Presupuesto para implementación de semáforos	Para el año 2019
Uso	Para cualquier persona
Semáforo para personas con discapacidad visual	Bajo costo
Infraestructura	Si

Estándares de calidad	Si
-----------------------	----

Fuente: Entrevista al Ing. Edwar Vásquez

En la entrevista realizada a la doctora Eugenia Olbes, directora del departamento de Bienestar Universitario en la Universidad Técnica del Norte, la información obtenida se resume en la Tabla 33 y el formato de la entrevista realizada con su respectivo resumen se encuentran en el ANEXO 4.

Tabla 33. Información obtenida de la entrevista realizada a la doctora Eugenia Olbes, directora del departamento de Bienestar Universitario en la Universidad Técnica del Norte.

INFORMACIÓN	
Número de estudiantes con discapacidad visual	5
Señalética	Interiores: inexistente Exteriores: inexistente
Dificultades observadas de personas con discapacidad visual	Necesidad de sistemas por voz y rotulación Braille en los carteles. Ayuda para orientación

Fuente: Entrevista realizada a la doctora Eugenia Olbes

3.2.1.2. *Personas con discapacidad visual (Segundo grupo)*

En la entrevista realizada a la Srta. Verónica Farinango, estudiante de la Carrera de Psicología General (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte, la información obtenida se resume en la Tabla 34 y el formato de la entrevista realizada con su respectivo resumen se encuentra en los ANEXOS 5 y 6.

Tabla 34. Información obtenida de la entrevista realizada a la Srta. Verónica Farinango, estudiante de la Carrera de Psicología General (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte.

INFORMACIÓN	
Nivel de discapacidad visual	82%
Tiempo de permanencia en la universidad	2 semestres
Forma de moverse por el campus universitario	Orientación: Ayuda de un acompañante Obstáculos: Uso del bastón
Tiempo que tarda en llegar a su destino	Aproximadamente 20 minutos más que una persona sin discapacidad visual
Mayor problema para moverse	Orientación (Dependencia)
Lugares frecuentados	FECYT, Biblioteca Central, el CAI y Complejo Acuático.

Inclusión	Poder ayudar a los demás con una dirección (Ser una estudiante más)		
Uso de teléfono inteligente	Familiarizada con comandos de voz y pulsaciones Aplicaciones (Whatsapp, llamadas, Youtube y mensajes).		
NECESIDADES			
PRIORIDAD			
	Alta	Media	Baja
Ruta definida (Sin obstáculos y debidamente señalizada)	X		
Instalación de semáforos			X
Señalización en estacionamientos	X		

Fuente: Entrevista a la Srta. Verónica Farinango

En la entrevista realizada a la Sr. Kevin Figueroa, estudiante de la Carrera de Psicopedagogía (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte, la información obtenida se resume en la Tabla 35 y el formato de la entrevista realizada con su respectivo resumen se encuentra en el ANEXO 7.

Tabla 35. Información obtenida de la entrevista realizada al Sr. Kevin Figueroa, estudiante de la Carrera de Psicopedagogía (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte.

INFORMACIÓN	
Nivel de discapacidad visual	77%
Tiempo de permanencia en la universidad	1 semestre
Forma de movilizarse por el campus universitario	Orientación: Ayuda de un acompañante Obstáculos: Uso del bastón
Tiempo que tarda en llegar a su destino	Aproximadamente 20 minutos más que una persona sin discapacidad visual
Mayor problema para movilizarse	Orientación (Dependencia)
Lugares frecuentados	FECYT, Biblioteca Central y Complejo Acuático.
Uso de teléfono inteligente	Familiarizada con comandos de voz y pulsaciones
Margen de error aceptable en sistemas de orientación	Menor de 5 metros o 10 pasos
NECESIDADES	
PRIORIDAD	
	Alta Media Baja
Ruta definida (Sin obstáculos y debidamente señalizada)	X
Instalación de semáforos	X
Señalización en estacionamientos	X

Fuente: Entrevista a la Srta. Verónica Farinango

En la entrevista realizada al Sr. Milton Solano, persona con discapacidad visual que ha visitado el campus universitario de la Universidad Técnica del Norte., la información obtenida se resume en la Tabla 36 y el formato de la entrevista realizada con su respectivo resumen se encuentra en el ANEXO 8.

Tabla 36. Información obtenida de la entrevista realizada al Sr. Milton Solano, persona con discapacidad Visual que ha visitado la Universidad Técnica del Norte.

INFORMACIÓN			
Estudiante de la Universidad Técnica del Norte	No		
Nivel de discapacidad visual	75%		
Forma de moverse por el campus universitario	Orientación: Ayuda Obstáculos: Uso del bastón		
Tiempo que tarda en llegar a su destino	Entre 5 y 10 minutos mas que una persona sin Discapacidad Visual		
Mayor problema para moverse	Orientación (Dependencia)		
Uso de teléfono inteligente	Sin dificultad puede operar su teléfono activando en modo accesibilidad (TalkBack)		
Experiencia probando herramientas	Sistemas de orientación HandEyes		
Margen de error aceptable en sistemas de orientación	Menor de 5 metros		
NECESIDADES			
	PRIORIDAD		
	Alta	Media	Baja
Ruta definida (Sin obstáculos y debidamente señalizada)	X		
Instalación de semáforos			X
Señalización en estacionamientos	X		

Fuente: Entrevista a la Sr. Milton Solano

Las entrevistas realizadas a los dos grupos dieron como resultado la importancia de contar con rutas definidas para la circulación de personas con discapacidad visual por el campus universitario, también sirvieron como aporte para la obtención de los requerimientos del proyecto.

3.2.2. Observación directa

Esta técnica consiste en observar el lugar donde se realizará el proyecto para tomar información que será estudiada y analizada. Se utilizó este recurso para el trazado de rutas, donde se describen los obstáculos y cruces de vehículos, así como también los lugares de ubicación de semáforos en caso de implementación futura. Este recorrido se realizó con el ingeniero Edwar Vásquez Encargado del Departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos.

3.3.APs exteriores de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica del Norte tiene un total de 15 APs Exteriores del modelo AIR CAP 1310G ubicados en puntos específicos entre facultades y otros edificios, para proveer la red inalámbrica a los exteriores del campus universitario, en la Figura 15 se puede apreciar la ubicación de cada AP.

Entre las diferentes vlans que se comparten por estos APs se encuentra la red mundial EDUROAM, a la que los usuarios del sistema de movilidad se van a conectar para acceder a Internet, debido a que ésta se encuentra distribuida por todo el campus universitario, también los usuarios pueden utilizar datos móviles dependiendo de su comodidad.

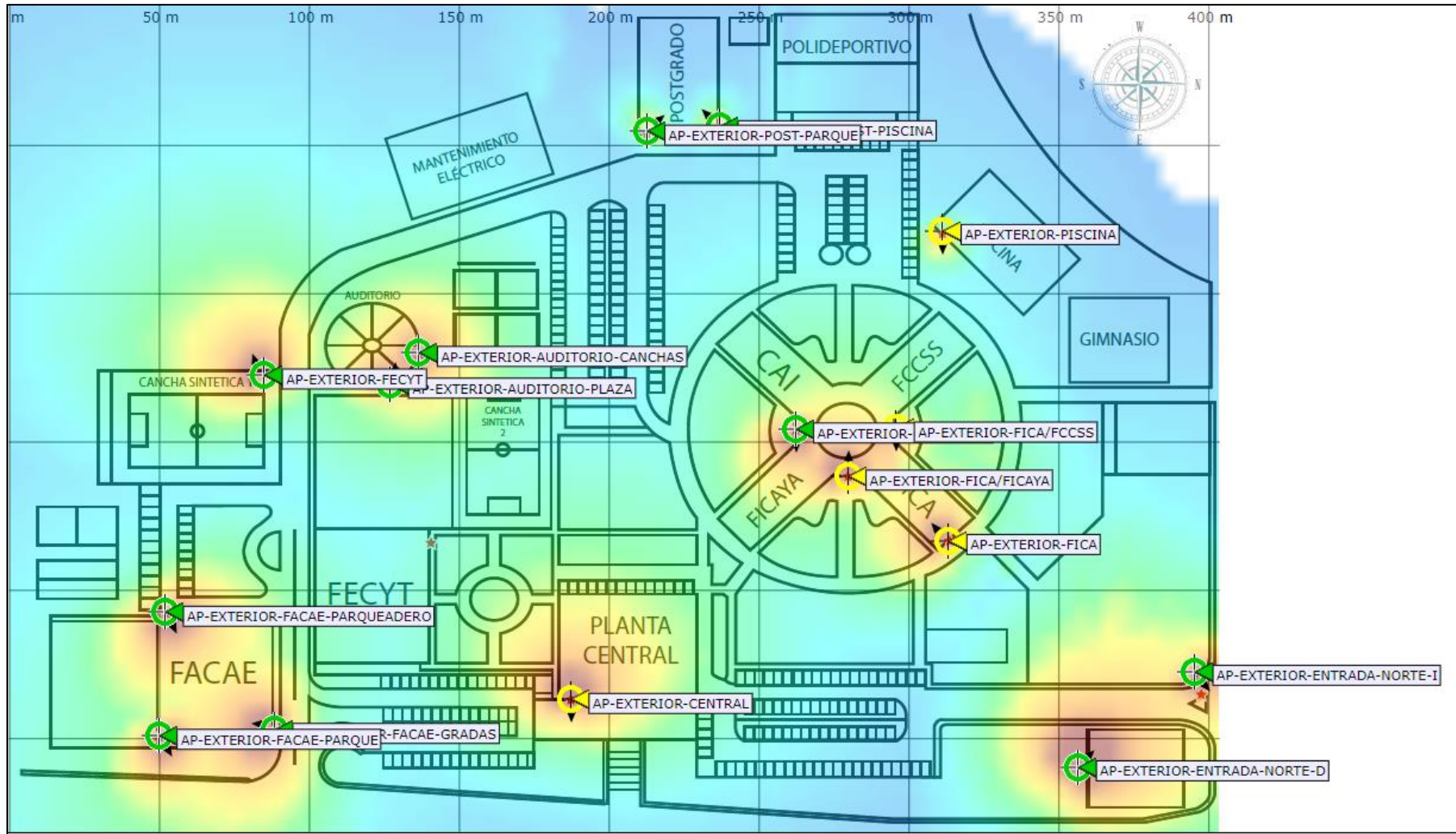


Figura 15. Ubicación de APs exteriores en el campus universitario.

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático (2018). Obtenido de: Cisco Prime Infrastructure

En la Tabla 37 se observa el nombre del AP con su respectiva ubicación basada en la Figura 15.

Tabla 37. Ubicación de APs exteriores en la UTN.

Nº APE	NOMBRE	UBICACIÓN (Exteriores Edificios)
1	AP-EXTERIOR-CENTRAL	Terraza del Edificio Central
2	AP-EXTERIOR-FICA-FICAYA	Terraza entre FICA-FICAYA
3	AP- EXTERIOR -CAI-FICAYA	Terraza entre CAI-FICAYA
4	AP- EXTERIOR -FICA-FCCSS	Terraza entre FICA-FCCSS
5	AP- EXTERIOR -FICA	Terraza FICA Norte
6	AP- EXTERIOR -ENTRADA-NORTE-I	Entrada Norte al Campus Universitario
7	AP- EXTERIOR -ENTRADA-NORTE-D	Terraza Edificio de Bienestar estudiantil
8	AP-EXTERIOR-PISCINA	Exterior Complejo Acuático UTN
9	AP-EXTERIOR-POST-PARQUE	Terraza Posgrado Sur
10	AP-EXTERIOR-AUDITORIO-CANCHAS	Terraza Auditorio Norte
11	AP-EXTERIOR-AUDITORIO-PLAZA	Terraza Auditorio Este
12	AP-EXTERIOR-FECYT	Cancha Sintética Noroeste
13	AP- EXTERIOR-FACAE-PARQUEADERO	Terraza FACAE Oeste
14	AP- EXTERIOR-FACAE-PARQUE	Terraza FACAE Este
15	AP- EXTERIOR-FACAE-GRADAS	Terraza FACAE Noreste

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático. Obtenido de: Cisco Prime Infrastructure

3.3.1. Cobertura APs Exteriores

Según un estudio realizado en el año 2017 por la ingeniera Karina Collaguazo se tiene una adecuada distribución de canales y sin interferencias, los APs emiten el nivel de potencia más alto de acuerdo con WLC, esto quiere decir que se tiene cobertura por todo el campus universitario. También realizó una reingeniería a la red inalámbrica, por lo que la cobertura mejoró en lugares donde la cobertura era escasa. (Collaguazo, 2017)

Para confirmar que la señal de la red inalámbrica es adecuada para el proyecto, se realizaron mediciones en varios puntos conectándose a la red EDUROAM, con la

herramienta WiFi Analyzer y se encuentran en el ANEXO 9. Los puntos seleccionados para las mediciones son a la salida de cada edificio y en la entrada principal que serán analizados tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- -80 dBm: Señal mínima aceptable para establecer una conexión. Es posible que el enlace sufra caídas.
- -70 dBm: Enlace entre normal y bajo; se considera que la señal es medianamente buena. Es posible que existan problemas en caso de viento o lluvia.
- -60 dBm: Enlace bueno, con un 80% de estabilidad en la conexión.
- -40 a -60 dBm: Enlace con señal idónea, sus tasas de transferencia son estables.
- -1 a -39 dBm: Enlace con señal excelente, en un entorno normal es difícil de conseguir.
- 0 dBm: Enlace con señal ideal, logrado solo en un ambiente de laboratorio.

En la Tabla 38 se muestra las mediciones realizadas y su respectivo análisis.

Tabla 38. Ubicación de APs exteriores en la UTN.

Nº	UBICACIÓN	POTENCIA DE LA SEÑAL EDUROAM (dBm)	NIVEL DE LA SEÑAL
1	Entrada Principal UTN	-77	Medianamente buena
2	Edificio Central	-58	Idónea
3	FECYT	-70	Medianamente buena
4	FACAE	-62	Buena
5	FICA	-65	Buena
6	FICAYA	-63	Buena
7	Auditorio “Agustín Cueva”	-56	Idónea
8	Biblioteca General	-62	Buena
9	Edificio Postgrado	-60	Buena
10	Bienestar Universitario	-48	Idónea
11	Comedor Universitario	-61	Buena
12	Estacionamiento para Discapacitados	-64	Buena
13	F: CCSS	51	Idónea
14	CAI	52	Idónea
15	Cancha sintética 1	60	Buena
16	Cancha sintética 2-Cancha de ecuavoley	65	Buena

17	Gimnasio	67	Buena
18	Piscina	47	Idónea
19	Polideportivo	59	Buena
20	Cruce de Vehículos Edificio Central	-62	Buena
21	Cruce de Vehículos Auditorio "Agustín Cueva"	-63	Buena
22	Cruce de Vehículos Edificio Postgrado	-56	Idónea
23	Cruce de Vehículos comedor universitario	-62	Buena

Fuente: Autoría

En la Tabla 38 se puede observar que la señal más baja es de -77dBm por lo que en todos los lugares donde se realizaron las mediciones el nivel es aceptable, siendo la mejor de -48dBm.

3.4. Trazado de rutas

Para el trazado de rutas se tomó en cuenta las normas INEN de discapacidad visual que son las que rigen al Ecuador y por medio de la observación directa, se las realizó juntamente con el ingeniero Edwar Vásquez, analista de seguridad ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos, quien estuvo a cargo del control y verificación de que cada ruta sea segura. Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El desplazamiento de personas con discapacidad visual debe poderse realizar con facilidad haciendo uso de perros guía y ayudas técnicas o tecnológicas con las que el usuario se sienta cómodo, los recorridos deben estar libres de obstáculos y todas las áreas de uso público deben ser accesibles. Basado en la normativa INEN 2849-1.
- Los cambios de nivel no deben existir, es decir que, si existe una vereda o alguna escalera, estas deben contar con elementos de señalización acústica o táctil. Las

rampas deben contar con pasamanos y señales adecuadas. Basado en la normativa INEN 2849-1.

- El estacionamiento preferencial deber estar ubicado lo más cerca posible del edificio para facilidad de llegada. Basado en la normativa INEN 2248.
- . las vías de circulación peatonal no pueden tener obstáculos, tanto horizontal como verticalmente la altura mínima será de 2200mm y ningún elemento debe invadir este espacio. Basado en la normativa INEN 2243-2.
- En cada esquina o cruce peatonal que exista un desnivel, deben estar ubicadas rampas y en los espacios alrededor de las rampas solo pueden existir semáforos o señalización. Basado en la normativa NTE INEN 2245.
- Si existen desniveles mayores a 100mm, se deben colocar bordillos de seguridad de un material resistente y a una altura superior o igual a 100mm. Basado en la normativa INEN 2244.
- Para el uso de bastones de ayuda se utilizas topes de bastón que sirven como guía son similares a los bordillos, pero deben tener una altura de 300m. Basado en la normativa INEN 2244.

Hay que tener en cuenta que en la Universidad Técnica de Norte hace falta mejorar la infraestructura y aumentar la señalización adecuada por lo que a continuación se presentan las siguientes sugerencias:

- Las personas con discapacidad visual hacen uso del tacto para dar con los obstáculos, por lo que deben existir franjas de circulación con bandas podotáctiles ubicadas en el piso como medio de seguridad. Basado en la normativa INEN 2849-1.

- Las ayudas auditivas deben ser incorporadas al menos en ciertos puntos de control para ayudar a las personas con discapacidad visual a orientarse, también se puede hacer uso de planos de acceso háptico. Basado en la normativa INEN 2849-1.
- Como en algunas zonas de la UTN no existe un área de circulación peatonal se debe implementar una franja de seguridad peatonal con el material adecuado. Basado en la normativa INEN 2248.
- En el piso se debe colocar cambios de textura con una franja de 1000mm de ancho para avisar a la persona con discapacidad visual la presencia de semáforos, desniveles o rampas o de cualquier peligro. Basado en la normativa INEN 2243-2.

En base a las consideraciones tomadas para el trazado de rutas y a las sugerencias realizadas, todas apoyadas en las Normas Técnicas Ecuatorianas de Accesibilidad Universal y Diseño para Todos, se analizó y realizó cada ruta tomando en cuenta las limitaciones en cuanto a señalización e infraestructura de la UTN, para priorizar la seguridad y comodidad de las personas con discapacidad visual que transiten por el campus universitario, contando con el respaldo del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos que está tramitando el presupuesto para la realización de las sugerencias realizadas. En la Figura 16 se puede observar el trayecto de cada ruta.

Para una mejor interpretación se ha numerado cada destino del campus universitario, existen puntos en común para llegar a los lugares más alejados, los cuales serán detallados en la Tabla 39.

Tabla 39. Descripción de las rutas.

Nº	ORIGEN-DESTINO	SEÑALIZACIÓN	OBSTÁCULOS	SEMÁFORO
1-2	Entrada Principal-Edificio Central	No	No	No
2-3	Edificio Central-FECYT	No	Si	No
3-4	FECYT-Auditorio “Agustín Cueva	No	Si	No
4-5	Auditorio “Agustín Cueva”-Comedor Universitario	Si	Si	Si
5-6	Comedor Universitario-FACAE	No	No	No
2-7	Edificio Central-Edificio Postgrado	Si	No	Si
7-14	Edificio Postgrado-Polideportivo	No	No	No
2-8	Edificio Central-FICA	Si	No	Si
8-9	FICA-Biblioteca	No	No	No
9-10	Biblioteca-FICAYA	No	No	No
9-16	Biblioteca-CAI	No	Si	No
9-18	Biblioteca-F. CCSS	No	Si	No
16-17	CAI-Laboratorios	No	No	No
8-15	FICA-Gimnasio	No	No	No
15-19	Gimnasio- Completo Acuático	Si	Si	No
8-11	FICA-Bienestar Universitario	Si	No	Si

Fuente: Autoría

El primer trayecto recorre del punto 1 (Entrada Principal) al punto 6 (FACAE), existen puntos intermedios en este trayecto que son: el 2 (Edificio Central), 3 (FECYY), 4 (Auditorio “Agustín Cueva”), y 5 (Comedor Universitario).

El segundo trayecto recorre del punto 1 (Entrada Principal) al punto 14 (Polideportivo), existe un punto intermedio en este trayecto que es: el punto 7 (Edificio de Postgrado).

El tercer trayecto recorre del punto 1 (Entrada Principal) al punto 10 (FICAYA), existen puntos intermedios en este trayecto que son: el 8 (FICA) y 9 (Biblioteca).

El cuarto trayecto recorre del punto 1 (Entrada Principal) al punto 11 (Bienestar Universitario), y no existen puntos intermedios en este trayecto.

El quinto trayecto recorre del punto 15 (Gimnasio) al punto 19 (Completo Acuático y no existen puntos intermedios en este trayecto.

El sexto trayecto recorre del punto 16 (CAI) al punto 17 (F. CCSS), existe un punto intermedio en este trayecto que es: el punto 9 (Biblioteca).

3.4.1. Colocación de semáforos

Para la determinación de cada punto de instalación de semáforos se tomó en cuenta las normas INEN de discapacidad visual y se las realizó juntamente con el ingeniero Edwar Vásquez encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos. Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- En los cruces peatonales es recomendable la colocación de semáforos, cada uno debe tener un dispositivo que emita señales audibles para alertar a las personas con discapacidad visual y avisarles de que el semáforo está funcionando. Basado en la Norma INEN 2246-1.
- Cuando exista un semáforo, obstáculo, desnivel o algún peligro se debe señalar en el piso con cambios de textura de una franja de 1 000 mm de ancho; y debe ser construida con materiales cuya textura no provoque acumulación de agua. Basado en Norma INEN 2243-2.

Para la colocación de los semáforos se determinó la importancia de cada uno en los respectivos cruces de vehículos por medio de la observación, de lo cual se pudo

determinar que hay lugares donde la afluencia de vehículos es mayor, ya que son puntos de cruce de vehículos utilizados para llegar a los demás estacionamientos. También se descartan puntos donde haya la existencia permanente de guardias que vigilen el tránsito. En la Tabla 40 se muestra el grado de importancia dependiendo del lugar y calificándolos en 3 niveles.

Tabla 40. Nivel de importancia para colocación de semáforos.

Nº	UBICACIÓN CRUCE DE VEHÍCULOS	IMPORTANCIA		
		ALTA	MEDIA	BAJA
1	Edificio Central lado Norte	X		
2	Edificio Bienestar Universitario lado Oeste			X
3	Comedor Universitario lado Oeste			X
4	Edificio de Posgrado lado Este			X
5	Cancha de ecuavoley lado Oeste		X	

Fuente: Autoría

En los lugares donde la importancia sea baja, la colocación de un semáforo es casi innecesaria debido a la poca afluencia de vehículos y que la persona con discapacidad visual puede detectar un vehículo fácilmente por medio del oído.

3.5. Metodología (Modelo en V)

Es necesario aplicar una metodología que permita un control adecuado de los procesos a seguir en el desarrollo del proyecto, el modelo en V o modelo en cuatro fases fue metodología elegida debido a su robustez y claridad.

El modelo en V relaciona las fases del proyecto, representando una V y se ejecutan dos procesos al mismo tiempo hasta llegar a la punta. Cada fase o nivel tiene una fase paralela de verificación, y de esta forma se cumple con el principio de que para cada fase el resultado debe ser verificado. Cada fase debe tener su documentación para respaldar el proceso realizado.

3.5.1. Niveles del modelo en V

Cada nivel tiene su función específica, mientras aumenta el nivel dentro de la V la proximidad entre una fase de desarrollo y su fase de verificación va decreciendo. En la Figura 17 se muestra los niveles del modelo en V.

- **Nivel 1:** Se orienta al “cliente”, los dos extremos del ciclo corresponden al inicio y al final del proyecto. Aquí se presenta el análisis de requisitos y especificaciones con su respectiva documentación.
- **Nivel 2:** Se brinda a las características funcionales del sistema. Se caracteriza al proyecto solo con las funciones que sean visibles para el usuario, éstas pueden estar directa o indirectamente relacionadas. Aquí se encuentra el análisis funcional con su respectiva documentación
- **Nivel 3:** Se define los componentes de hardware y software del sistema es decir la arquitectura del sistema.
- **Nivel 4:** Es la fase de implementación, aquí se desarrollan los elementos unitarios del programa.

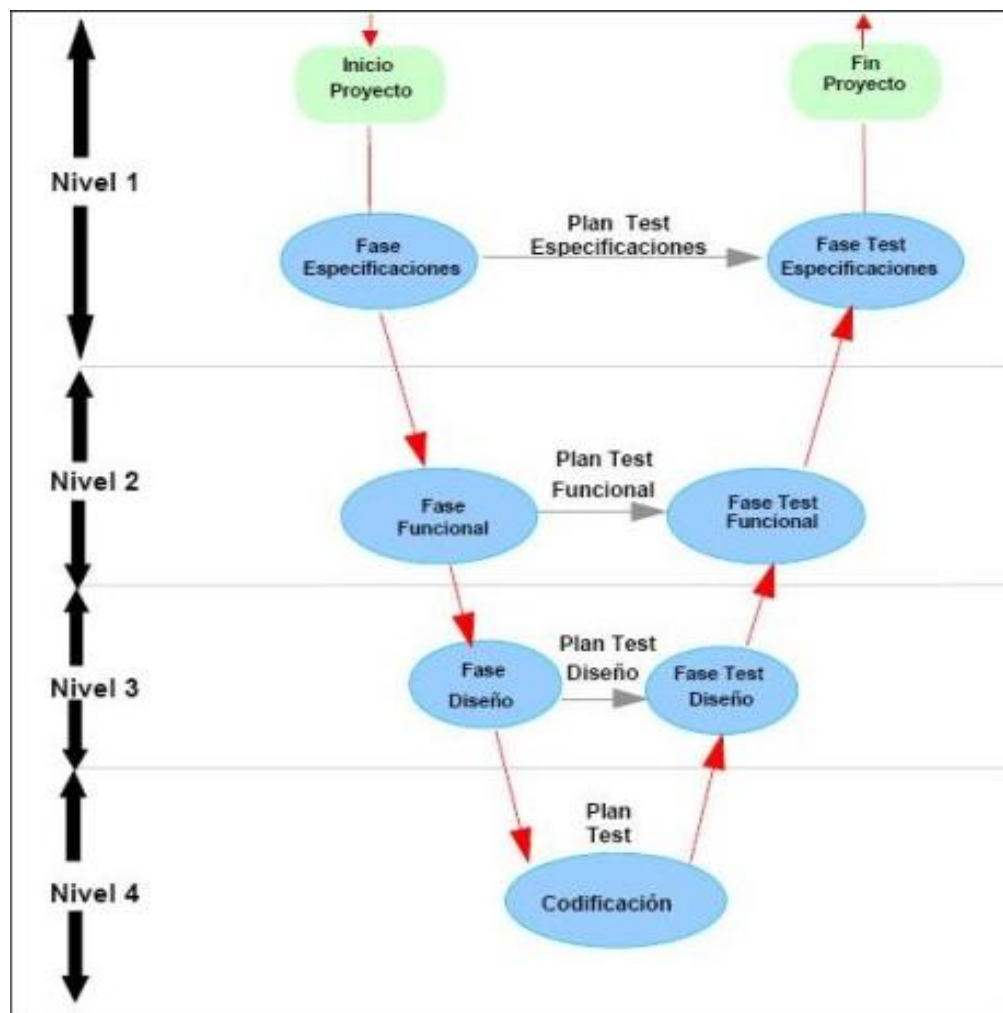


Figura 17. Niveles del modelo en V.

Fuente: José Antonio Rodríguez (2008). Obtenido de: Metodología de desarrollo de Software. El Modelo en V o de Cuatro Niveles. <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>

En el modelo en V se tienen los siguientes procesos: Análisis, Requerimientos, Diseño, Programación, Integración, Verificación, Implementación, comunican las fases entre sí y son utilizados para el cumplimiento del modelo.

3.6.Descripción General del Sistema

El sistema hace uso del teléfono inteligente del usuario con discapacidad visual, el cual cuenta con la aplicación de trazado de rutas instalada. La aplicación se conecta a la red EDUROAM o a datos móviles, ya que necesita internet en el momento que se realiza una consulta para que se descargue, después ya no es necesario a menos que se quiera cambiar de destino.

Cuando el usuario ingrese a la aplicación se emiten indicaciones auditivas que indican las opciones (búsqueda, información, información facultad/departamentos o manual de usuario), si se presiona el botón “Búsqueda Nueva” puede seleccionar otra opción. Una vez el usuario seleccione su destino el sistema toma su ubicación haciendo uso del GPS del teléfono inteligente. La información de la ruta se intercambia entre la aplicación-cliente y la aplicación-servidor, se monitorea la ubicación del usuario hasta que llegue a su destino para que se activen las alertas y los giros en la ruta.

3.6.1. Propósito

El propósito de la realización de este sistema es el de ayudar a las personas con discapacidad visual a orientarse cuando se movilicen por el campus universitario, sin la necesidad de preguntar por una dirección y se debe tener facilidad de uso de la aplicación.

3.6.2. Usuario

El usuario está familiarizado con comandos de voz y el uso de herramientas para manejo de teléfonos inteligentes, por lo que la aplicación debe tener dichas características.

3.6.3. Restricciones

- El teléfono inteligente necesita tener conexión a internet para trazar la ruta.
- En la base de datos no están especificados todos los departamentos de la Universidad Técnica del Norte, solo los más relevantes para personas con discapacidad visual.
- El sistema no detecta obstáculos, está dedicado únicamente a la orientación.

- El sistema se enfoca en los edificios, por lo que las áreas verdes y zonas deportivas en exteriores no se toman en cuenta.

3.6.4. Riesgos

- El GPS puede variar dependiendo del teléfono inteligente con el que cuente el usuario, por lo que la precisión puede afectarse.
- En los estacionamientos no existen veredas para guiarse y mientras la señalización no sea implementada existe riesgo.

3.7.Requerimientos

En esta sección se presentan los requerimientos necesarios para la realización del proyecto, en donde se hace uso de toda la información recolectada para los requisitos. El estándar utilizado es el ISO / IEC / IEEE 29148: 2011, que fue seleccionado por los requisitos de ingeniería que acompañaran al sistema en todo el ciclo de vida y por la organización en cuanto a cada proceso. Según el estándar seleccionado ISO / IEC / IEEE 29148: 2011, se cuenta con procesos y actividades que deben ser cumplidas:

- Definir los requisitos de los interesados: En este proceso se definen a las personas implicadas en el proyecto y sus requisitos, haciendo uso de técnicas tales como entrevistas, búsqueda de documentación y análisis del medio.
- Analizar los requerimientos: En este proceso se definen los requisitos del sistema, tales como restricciones técnicas y criterios de calidad para analizarlos y mantenerlos.
- Gestión de requisitos: Todos los requisitos deben estar identificados, con prioridad definida, los riesgos y justificación deben ser entendibles y deben tener

niveles de dificultad en cada requisito. Las dependencias deben ser verificables, medibles y tienen que cumplirse.

3.7.1. Stakeholders

Son las personas involucradas en el proyecto, ya sea directa o indirectamente. En la Tabla 41 se muestra un listado de los implicados.

Tabla 41. Lista de Stakeholders.

Nº	STAKEHOLDERS
1	Universidad Técnica del Norte
2	Departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos
3	Área de No Videntes de la Biblioteca
4	Departamento de Mantenimiento y Construcciones
5	Estudiantes con Discapacidad Visual de la UTN
6	Personas con Discapacidad Visual que visitan la UTN
7	MSc. Carlos Vásquez Director de Tesis
8	MSc. Carlos Pupiales Asesor de Tesis
9	MSc. Edgar Maya Asesor de Tesis
10	Srta. Erika Fuertes

Fuente: Autoría

3.7.2. Nomenclatura de los requerimientos a usarse

Los requerimientos se representan en las tablas haciendo uso de abreviaturas para mayor comodidad. En la Tabla 42 se muestra la nomenclatura a utilizar.

Tabla 42. Nomenclatura de los Requerimientos.

ABREVIATURA	TIPO DE REQUERIMIENTO
STSR	Stakeholders
SYSR	Sistema
SRSR	Arquitectura

Fuente: Autoría

3.7.3. Requerimientos de Stakeholders

Los requerimientos de Stakeholders ayudan a definir los Requerimientos del Sistema tomando en cuenta las necesidades de las partes interesadas en el proyecto, para que se cumplan con las expectativas de los participantes en la comunidad universitaria. Los requerimientos operacionales y de usuario forman parte de este grupo y se presentan en la Tabla 43.

Tabla 43. Requerimientos de Stakeholders.

STSR					
REQUERIMIENTOS DE USUARIO					
Nº	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
STSR1	Comunicación entre la aplicación-cliente y el usuario por medio de pulsaciones y comandos de voz	X			
STSR2	Información brindada al usuario de forma auditiva	X			
STSR3	Descarga rápida de la información de la ruta (máximo 10 segundos de retraso)	X			
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES					
STSR4	Colocación de Semáforos en los puntos de cruce de vehículos				X
STSR5	Teléfono inteligente con conexión inalámbrica (WiFi)	X			
STSR6	Teléfono inteligente (SO Android 8.0)	X			
STSR7	Señalética en exteriores				X

Fuente: Autoría

Los requerimientos de usuario fueron obtenidos de la entrevista realizada a Verónica Farinango (ANEXO 6), Kevin Figueroa (ANEXO 7), también de la entrevista realizada al Milton Solano (ANEXO 8) y los requerimientos operacionales fueron obtenidos de la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez (ANEXO 3), también se tomó en cuenta la observación directa.

3.7.4. Requerimientos del sistema

Los requerimientos del sistema son los requerimientos funcionales, en donde se exponen cuáles son las funcionalidades que se tienen que cumplir para el correcto funcionamiento del sistema. Los requerimientos de uso, interfaces, performance y estados forman parte de este grupo y se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44. Requerimientos del sistema.

SYSR					
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES					
Nº	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
SYSR1	Cuando el usuario ingrese a la aplicación-cliente o presione la pantalla, el sistema debe emitir de forma auditiva opciones de búsqueda o información.	X			
SYSR2	La aplicación-cliente recibe los órdenes del usuario por medio de comandos de voz	X			
SYSR3	Cuando el usuario ya seleccionó el destino, el sistema debe tomar su ubicación actual haciendo uso del GPS del teléfono inteligente y enviarla a la aplicación servidor para que se calcule la ruta.	X			
SYSR4	Cuando el servidor retorne la ruta, el sistema debe realizar el seguimiento para guiar al usuario brindando la información de forma auditiva hasta llegar a su destino.	X			
SYSR5	Cuando el sistema detecte que el usuario se está acercando a un obstáculo, se debe emitir una alerta auditiva.	X			
SYSR6	El sistema debe monitorear constantemente la ubicación del usuario, haciendo uso del GPS para que la información de los puntos de control se emita correctamente.	X			
REQUERIMIENTOS DE USO					
SYSR7	Acceder a la aplicación y tener activado la conexión a Internet	X			

SYSR8	Acceder a la aplicación y tener habilitado los permisos para GPS, y micrófono	X
SYSR9	El usuario debe encontrarse en la ruta trazada	X
REQUERIMIENTO DE INTERFACES		
SYSR10	Es necesario tener conexión a Internet para obtener la información de la ruta que se encuentra en la plataforma.	X
REQUERIMIENTOS DE MODOS/ESTADOS		
SYSR11	El sistema debe estar en funcionamiento cuando se acceda a la aplicación	X

Fuente: Autoría

Los requerimientos presentados en la tabla 44 se obtuvieron de las entrevistas realizadas a Verónica Farinango (ANEXO 6), Kevin Figueroa (ANEXO 7), Milton Solano (ANEXO 8) y el ingeniero Edwar Vásquez (ANEXO 3), también se tomó en cuenta la observación directa.

3.7.5. Requerimientos de la arquitectura

En los requerimientos de arquitectura se exponen los componentes del sistema, así como también sus necesidades. Esta sección ayuda con la elección de hardware y software. Los requerimientos lógicos, de diseño, de software, de hardware y no funcionales forman parte de este grupo y se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45. Requerimientos de la arquitectura.

SRSH					
REQUERIMIENTOS LÓGICOS					
Nº	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
SRSH1	Conexión de la aplicación-cliente con la aplicación-servidor que se encuentra en la plataforma de almacenamiento	X			
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO					
SRSH2	Trabajar con Software libre	X			

SRSH3	Margen de error aceptable del GPS (menor de 5 metros)	X
SRSH4	Velocidad del Lector de texto (entre 150 y 200 palabras por minuto)	X
SRSH5	Alerta en caso de que el usuario se aleje de la ruta (Aproximadamente 5 metros)	X
SRSH6	Alerta de cruce de vehículos (Aproximadamente 5 metros antes de llegar y cuando el usuario se encuentre cruzando)	X
SRSH7	Alerta en caso de obstáculos en el trayecto (Aproximadamente 5 metros antes de llegar)	X
SRSH8	El sistema debe informar al usuario cuando esté llegando a su destino (Aproximadamente 5 metros antes de llegar).	X
REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE		
SRSH9	Herramienta para la creación de la aplicación-cliente rápida y con documentación oficial para facilidad de uso y reducir tiempo de desarrollo	X
SRSH10	TypeScript para que mejore la programación de primer nivel.	X
SRSH11	Extensiones para mejorar el funcionamiento del IDE.	X
SRSH12	Entorno de desarrollo multiplataforma para poder trabajar con diferentes plataformas informáticas	X
SRSH13	Entorno de desarrollo para la creación de la aplicación-servidor con documentación oficial e integración de gran cantidad de herramientas para facilidad de uso y reducir tiempo de desarrollo.	X
SRSH14	Herramientas de código abierto para reducir costos.	X
SRSH15	Soporte de datos espaciales para la base de datos	X
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE		
SRSH16	Teléfono inteligente con Android 8.0 como sistema operativo	X

Fuente: Autoría

Los requerimientos presentados en la tabla 45 se obtuvieron de las entrevistas realizadas a Verónica Farinango (ANEXO 6), Kevin Figueroa (ANEXO 7), Milton Solano (ANEXO 8) y el ingeniero Edwar Vásquez (ANEXO 3), también se tomó en cuenta la observación directa.

3.8. Selección del Software

Para la selección del software se utilizarán los requerimientos de Stakeholders, de Sistemas y de Arquitectura previamente realizados. Para el proceso de selección basado en los requerimientos, se evaluará cada componente y se realizará una comparación eligiendo al que tenga mejor puntuación. El software será seleccionado basado en los requerimientos de las tablas 43, 44 y 45.

3.8.1. Entorno Gráfico de Desarrollo

En la Tabla 46 se realiza una valoración para seleccionar el entorno gráfico de desarrollo que será utilizado para la creación de la aplicación-servidor.

Tabla 46. Comparación de requerimientos para la selección del entorno gráfico de desarrollo.

ENTORNO GRÁFICO DE DESARROLLO					
TIPO	REQUERIMIENTO				VALORACIÓN
	STSR3	SYSR4	SRSH2	SRSH12	
Spring Tool Suite	1	1	1	1	
Visual Studio	1	1	1	0	
IntelliJ Idea	1	1	1	1	
	SRSH13	SRSH14			
Spring Tool Suite	1	1			6
Visual Studio	1	0			4
IntelliJ Idea	0	0			4

CUMPLE “1” NO CUMPLE “0”

Fuente: Autoría

Elección: El IDE que cumple con todos los parámetros de selección es Spring Tool Suite.

3.8.2. Editores de código

En la Tabla 47 se realiza una valoración para seleccionar del editor de código que será utilizado para la creación de la aplicación-cliente.

Tabla 47. Comparación de requerimientos para la selección del editor de código.

EDITOR DE CÓDIGO						
TIPO	REQUERIMIENTO					VALORACIÓN
	STSR1	STSR2	SYSR1	SYSR2	SYSR8	
Visual Studio Code	1	1	1	1	1	
Atom	1	1	1	1	1	
Sublime Text	1	1	1	1	1	
	SRSH2	SRSH9	SRSH10	SRSH11	SRSH14	
Visual Studio Code	1	1	1	1	1	10
Atom	1	1	0	1	1	9
Sublime Text	0	1	0	0	1	7

CUMPLE “1” NO CUMPLE “0”

Fuente: Autoría

Elección: El editor de código que cumple con todos los parámetros de selección es Visual Studio Code.

3.8.3. Base de datos

En la Tabla 48 se realiza una valoración para seleccionar la base de datos.

Tabla 48. Comparación de requerimientos para la selección de la base de datos.

BASE DE DATOS					
TIPO	REQUERIMIENTO				VALORACIÓN
	SRSH2	SRSH11	SRSH14	SRSH15	
PostgreSQL	1	1	1	1	4
MongoDB	1	0	1	0	2
MySQL	1	1	1	0	3
		CUMPLE "1"		NO CUMPLE "0"	

Fuente: Autoría

Elección: La base de datos que cumple con todos los parámetros de selección es PostgreSQL.

3.8.4. Sistemas de mapeo

En la Tabla 49 se realiza una valoración para seleccionar el sistema de mapeo.

Tabla 49. Comparación de requerimientos para la selección sistema de mapeo.

SISTEMAS DE MAPEO					
TIPO	REQUERIMIENTO				VALORACIÓN
	STSR4	STSR7	SRSH2	SRSH14	
Google Earth	1	1	1	0	3
ArcGIS	1	1	0	0	2
QGIS	1	1	1	1	4
		CUMPLE "1"		NO CUMPLE "0"	

Fuente: Autoría

Elección: El sistema de mapeo que cumple con todos los parámetros de selección es QGIS.

3.9. Recursos

Comprende todos los elementos necesarios en la realización del sistema, para lo cual se toma en cuenta los requerimientos ya analizados. Los recursos son: humanos, tecnológicos y económicos.

3.9.1. Recursos humanos

Comprende a las personas que intervienen en el proyecto, presentados en la Tabla 50.

Tabla 50. Recursos Humanos.

HUMANOS	
Usuarios	Personas con discapacidad visual en el campus universitario
Tutor	Msc. Carlos Vásquez
Desarrollador	Srta. Erika Fuertes

Fuente: Autoría

3.9.2. Recursos económicos

Se presenta una estimación de los costos, presentado en la Tabla 51.

Tabla 51. Recursos Económicos.

ECONÓMICOS				
Nº	ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares)	PRECIO FINAL (dólares)
1	Computador	1	1000	1000
	Teléfono Inteligente	1	450	460
Total				1460

Fuente: Autoría

3.9.3. Recursos tecnológicos

Se describe el software para la realización del sistema, presentado en la Tabla 52.

Tabla 52. Recursos tecnológicos.

Nº	TECNOLÓGICOS	COSTO
	SOFTWARE	
1	Office 365	0
2	Spring Tool Suite	0
3	Visual Studio Code	0
4	PostgreSQL/PostGIS	0
5	Amazon Web Services 15USD al mes (Gratis por 12 meses)	0
6	Quantum GIS	0
Total		0

Fuente: Autoría

3.10. Diseño del sistema

En esta sección se muestra el diseño del sistema, el diagrama de bloques, la arquitectura del sistema y los diagramas de flujo, componentes que sirvieron para el desarrollo del sistema. También se presentan las herramientas utilizadas con su respectiva descripción.

3.10.1. Diagrama de bloques

Es la forma gráfica de representar el funcionamiento del sistema, haciendo el uso de bloques que indican como se relacionan los procesos y la interacción con el administrador y los usuarios, como se muestra en la Figura 18.

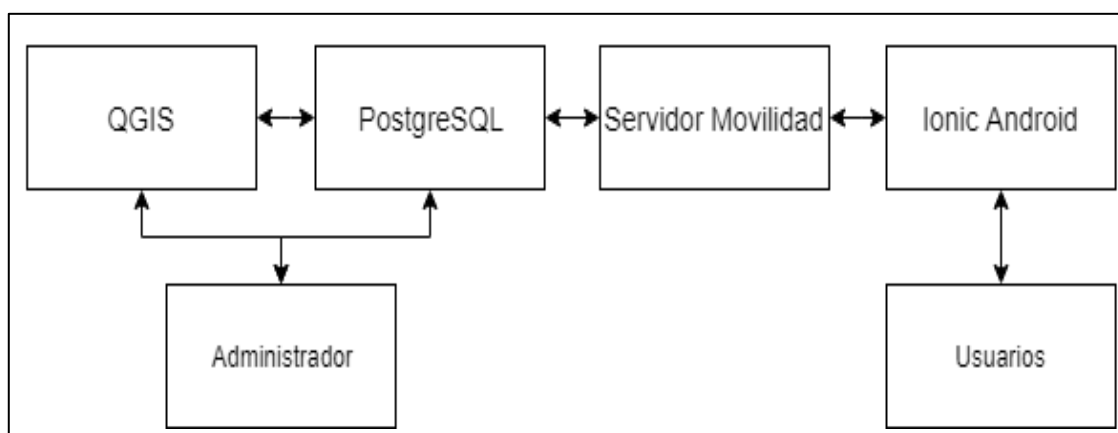


Figura 18. Diagrama de bloques del Sistema.
Fuente: Autoría

En la Figura 18 se presenta la interacción que tienen los procesos en cada bloque y su relación que se presentan a continuación:

Bloque QGIS. – Corresponde a la herramienta donde se diseñan las rutas y se colocan los vértices (coordenadas que indican la ubicación del usuario y los puntos que debe seguir hasta llegar a su destino), también se trazan líneas. En este bloque interactúa el Administrador en caso de que se tengan que realizar modificaciones o también aumentar trayectos.

Bloque PostgreSQL. – Corresponde a la base de datos, donde se encuentra toda la información que debe almacenarse (edificios, departamentos, diccionario para cada destino, información de la ruta, el algoritmo de Dijkstra, etc), aquí interactúa el Administrador en caso de que se tenga que realizar modificaciones, también para aumentar tablas.

Bloque Servidor de movilidad. - Es el encargado de otorgar servicios para la comunicación entre la base de datos (PostgreSQL) y el bloque Ionic Android (aplicación-cliente).

Bloque Ionic Android. – Es la aplicación-cliente que interactúa directamente con el usuario, por lo que se encuentra instalada en el dispositivo inteligente (aquí se solicitan permisos de ubicación y audio) y la información se solicita por medio de la interfaz previamente creada.

3.10.2. Arquitectura del sistema

La arquitectura muestra cómo se relacionan los conceptos en la estructura del sistema y la relación entre los componentes (aplicación-cliente, aplicación-servidor y base de datos), presentado en la Figura 19.

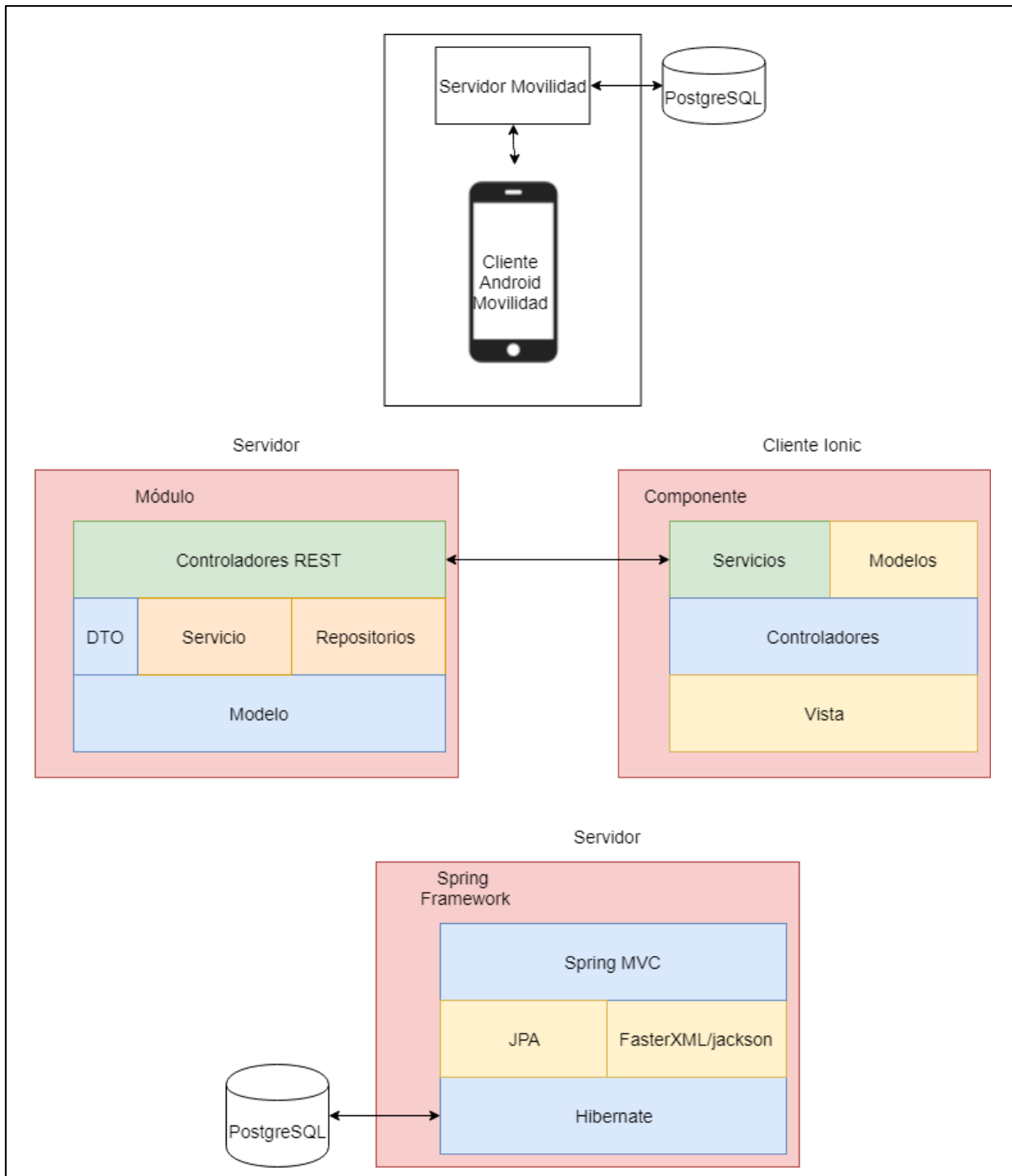


Figura 19. Arquitectura del Sistema.

Fuente: Autoría

3.10.3. Diagrama de flujo del sistema

En este diagrama se describe el proceso algorítmico que realiza el sistema al momento de solicitar una ruta, recuperar la información y generar la orden, descrito en la Figura 20.

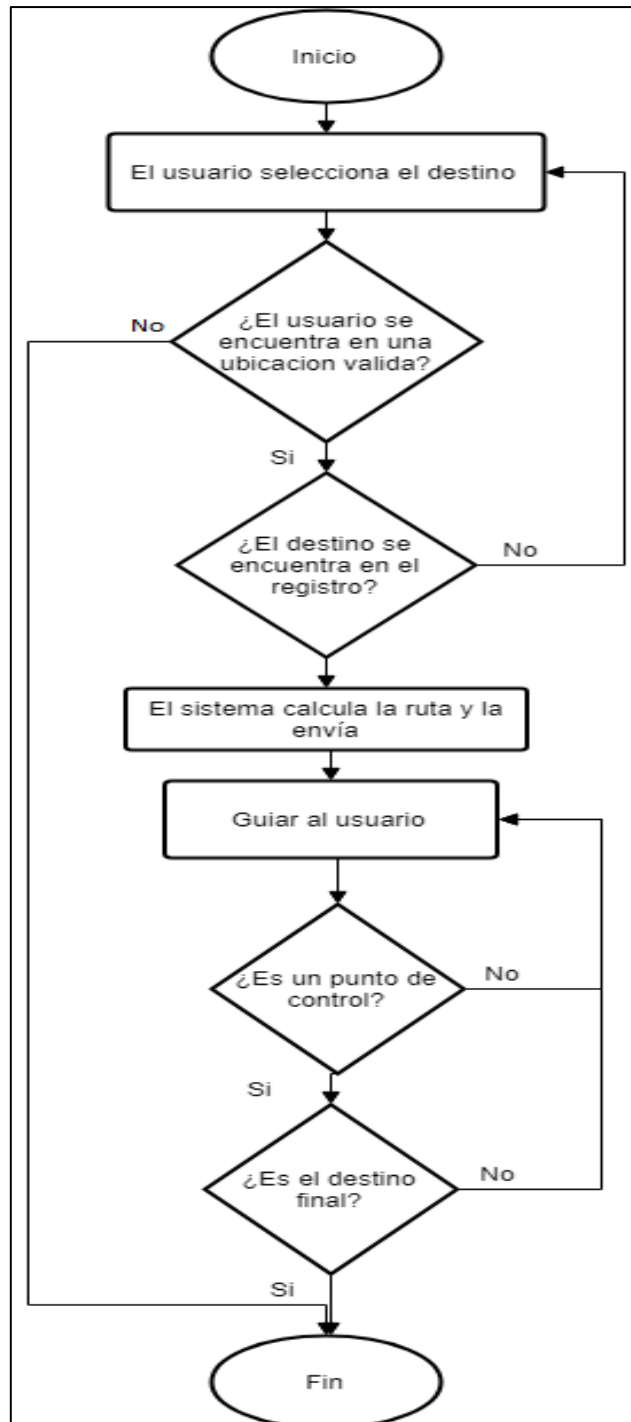


Figura 20. Diagrama de flujo del Sistema.
Fuente: Autoría

3.10.4. Diseño de las rutas usando la herramienta QGIS

La herramienta QGIS fue instalada en Linux con el sistema operativo Debian 9 Stretch, después se agregó el complemento PgRouting Layer para probar el funcionamiento de las

rutas con el cálculo del camino más corto. PgRouting Layer se comunica con la base de datos. Su uso se detalla en el ANEXO 10.

Para la creación de las rutas, primero se agregan dos capas, Google Maps y Google satélite, sacadas de los mapas que brinda Google y sirven como referencia para trazar los vértices para puntos de giro y puntos de cruce, cada uno es una nueva capa, dichos puntos se unen para trazar las líneas que forman el camino a seguir desde el punto inicial al final.

Los vértices se trazan siguiendo el mapa satelital de Google y luego para mejorar la exactitud se colocan manualmente las coordenadas de cada punto.

Una vez trazada la ruta, se agrega a la base de datos con la herramienta de importación de QGIS. En la Figura 21 se describe el diagrama de flujo de este proceso.

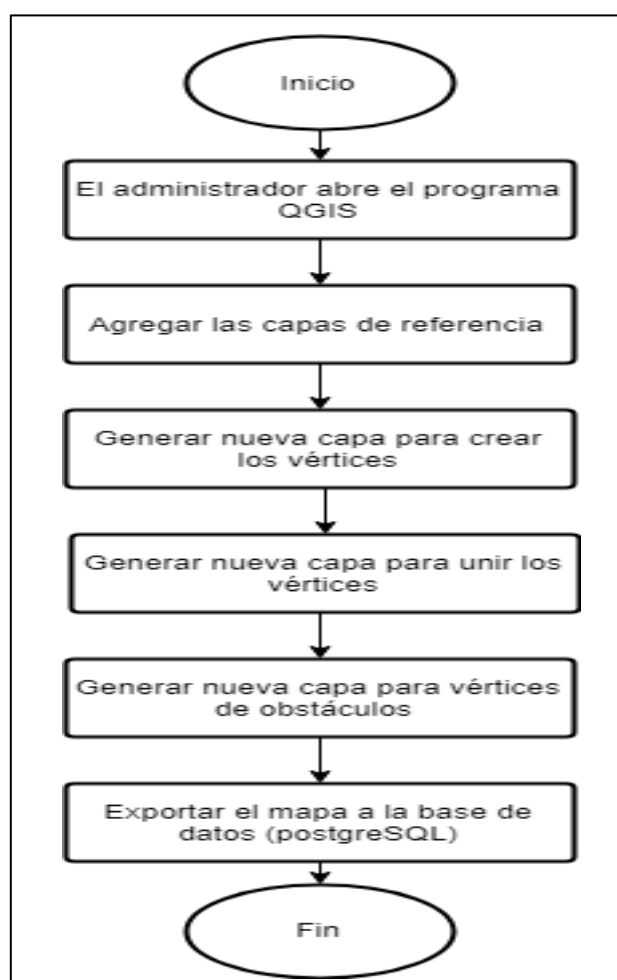


Figura 21. Diagrama de flujo de la Herramienta QGIS

Fuente: Autoría

A continuación, en la Figura 22 se puede apreciar una vista de todas las rutas terminadas en QGIS que están basadas en los planos otorgados por el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos.

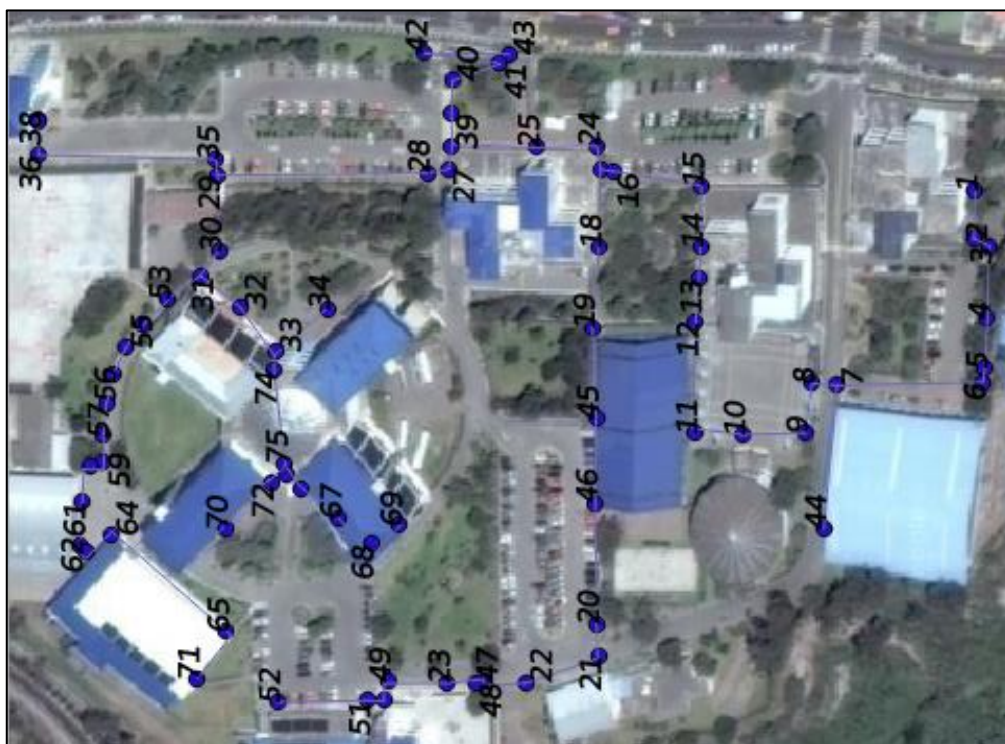


Figura 22. Rutas UTN realizadas con la herramienta QGIS basadas en los planos otorgados por el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos.

Fuente: Autoría

3.10.5. Diseño de la base de datos (PostgreSQL)

La base de datos previamente seleccionada PostgreSQL, fue instalada en Linux con el sistema operativo Debian 9 Stretch, está montado en la plataforma de computación en la nube de Amazon (AWS). El código realizado se encuentra en el ANEXO 12.

Para administrar la base de datos se hace uso de las siguientes herramientas:

- **Líneas de comandos.** - Para la instalación de la base de datos.
- **PgAdmin.** - Para la creación, edición y eliminación de datos.
- **PgModeler.** - Para la creación, eliminación y el diseño de la base de datos.

- **Extensión pgRouting.** - Para la aplicación del cálculo de rutas entre dos vértices, utilizando el algoritmo de Dijkstra. En la Figura 23 se puede observar el funcionamiento del algoritmo de Dijkstra con el uso de la herramienta pgRoutingLayer en QGIS al seleccionar dos puntos al azar en la ruta y observar la selección del camino.

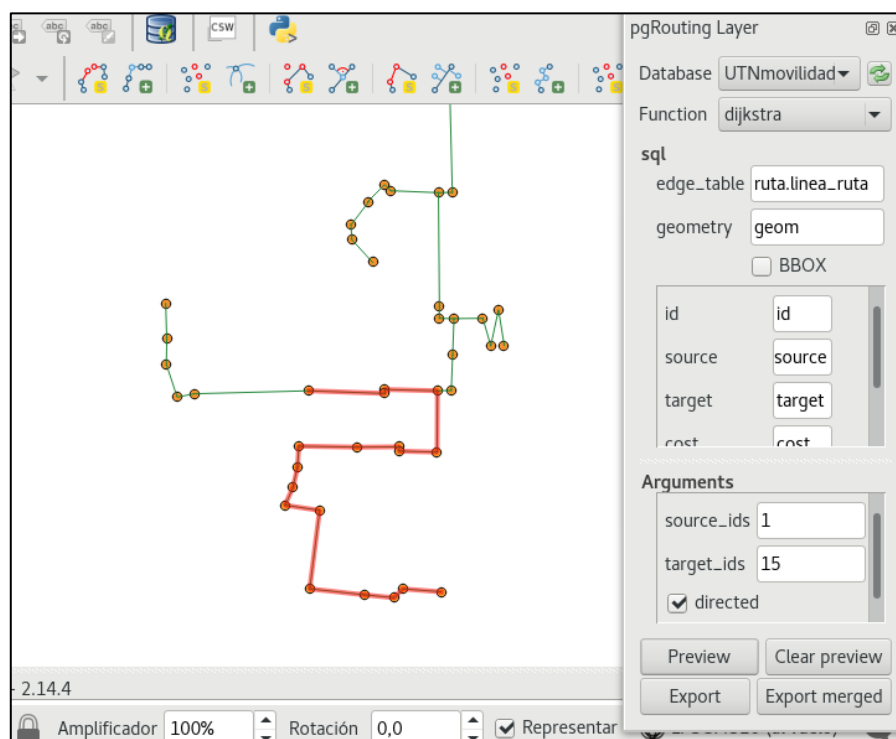


Figura 23. Algoritmo de Dijkstra funcionando.

Fuente: Autoría

- **Quantum GIS.** - Herramienta con la que se crea datos espaciales, se diseña rutas, se edita y guarda las capas espaciales directamente en la base de datos.
- **Extensión PostGIS.** - Agrega soporte espacial a la base de datos PostgreSQL.
- **Extensión PostGIS Topology.** - Agrega más objetos espaciales a la base de datos en este caso topoGeometry para geometría definida.

Para mejorar la legibilidad el código se aplica las buenas prácticas recomendadas. En la Figura 24 se presenta el diagrama de flujo del proceso que realiza la base de datos.

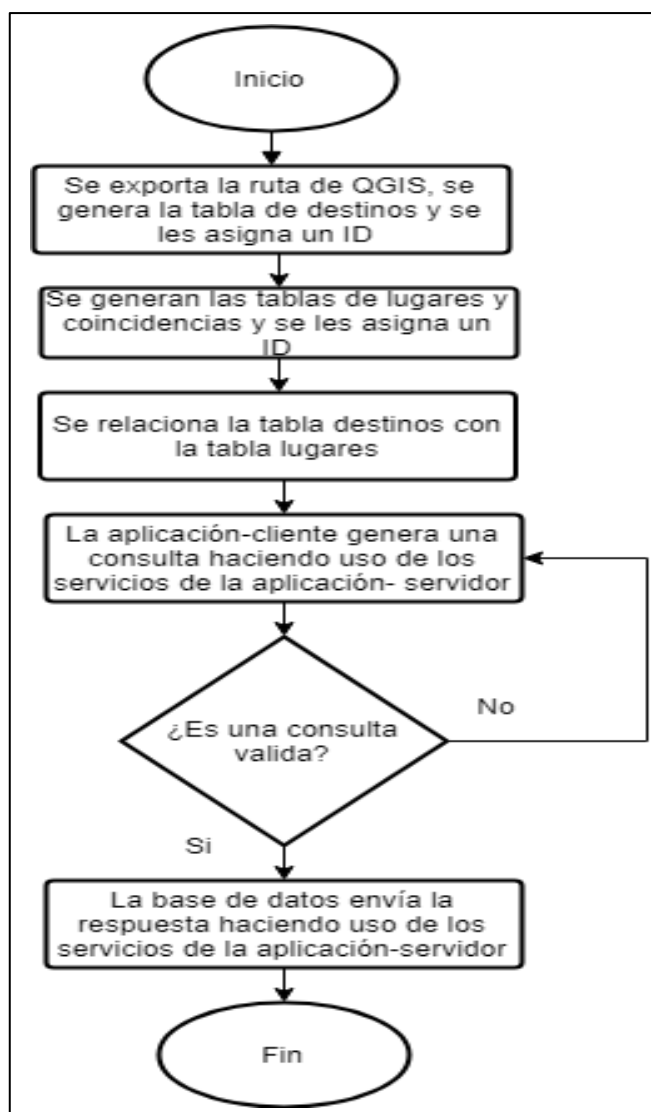


Figura 24. Diagrama de flujo de la base de datos.

Fuente: Autoría

Las tablas creadas en la base de datos contienen la siguiente información:

- **Tabla Lugares.** – Contiene los nombres de los edificios a los que se puede llegar haciendo uso de la aplicación (facultades, auditorios, edificio Central y edificio de Bienestar Universitario).
- **Tabla Coincidencias.** – Contiene las diferentes variaciones de los nombres de los edificios (abreviaturas y un diccionario de palabras parecidas), también sus respectivos departamentos y carreras.

- **Tabla línea_ruta.** – Contiene información de las líneas generadas en el trayecto, se utiliza de base para generar los puntos que utiliza el algoritmo de Dijkstra.
- **Tabla línea_ruta_vértices_pgr.** – Contiene las coordenadas de cada vértice y alertas en caso de cruce de vehículos u obstáculos.

3.10.6. Diseño del servidor de movilidad

El entorno grafico de desarrollo (IDE) Spring Tool Suite (STS), es una distribución personalizada basada en eclipse que facilita desarrollar aplicaciones con la se construye la aplicación-servidor. Tiene un conjunto de herramientas combinadas (Java, Web y Java EE). Gracias a su tablero es fácil instalar extensiones y su soporte está siempre disponible en GitHub Issues o StackOverflow (Spring, 2018). El código realizado se encuentra en el ANEXO 13.

Se facilita el desarrollo de la aplicación-servidor con las siguientes herramientas:

- **Spring Framework.** - Conjunto de librerías que ayuda a estandarizar y agilizar el trabajo.
- **Gradle.** - Para la gestión de dependencias y automatización de las tareas.
- **Hibernate.** - Es un framework de persistencia (guardar los datos de mapeo).
- **Java Persistence API (JPA).** - Especificación de cómo se escriben las entidades, es un framework del lenguaje de programación Java.
- **Postman.** - Para probar cómo funciona el Api Rest
- **Git.** - Como herramienta de versionamiento de código que se almacena en repositorios (Bitbucket).

En la Figura 25 se presenta el diagrama de flujo del proceso que realiza el servidor de movilidad.

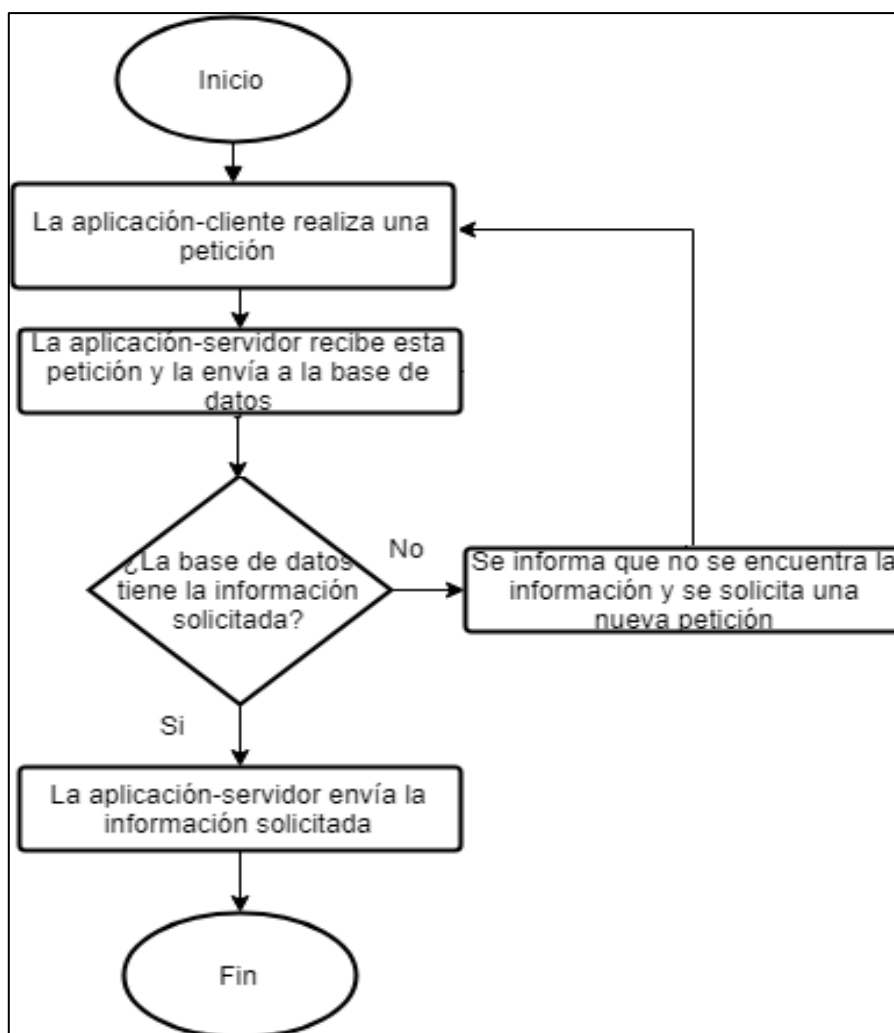


Figura 25. Diagrama de flujo de la aplicación-servidor.

Fuente: Autoría

3.10.7. Diseño de la aplicación para el dispositivo

La aplicación-cliente se creó en el editor de código Visual Studio Code, donde se desarrolló el código de la aplicación, la versión del sistema operativo Android en la que funciona es la 8.0 descargada de Android Studio para instalar el sdk de Android, necesario para compilar esta versión. El código realizado se encuentra en el ANEXO 14.

Se realizó la aplicación-cliente con las siguientes herramientas:

- **Ionic (versión 3).** - Es un framework para construcción de aplicaciones móviles basado en angular. Agrega componentes existentes a la sintaxis y funciona desde angular 2 a angular 6.

- **Apache Cordova.** - Es un framework para construcción de aplicaciones híbridas basadas en JavaScript, HTML5 y CSS3. Para plataformas Android, IOS y Windows Phone. Cada que se agrega un complemento se hace uso de Cordova, que crea las librerías que permiten la comunicación.

Se hizo uso de los siguientes paquetes en la aplicación-cliente:

- **Speech Recognition (Reconocimiento de voz).** – Se utiliza como vía de comunicación entre el usuario con discapacidad visual y la aplicación-cliente. Debido a que el sistema funciona en exteriores el reconocimiento debe poder diferenciar entre voces y filtrar sonidos, por lo que se seleccionó el reconocimiento de voz de Google.
- **Text To Speech (Lectura de texto).** - Para emitir las ordenes de forma auditiva al usuario.
- **Geolocation (GPS).** – Para obtener la ubicación del usuario cada segundo y compararla con las coordenadas señaladas.
- **Brújula.** - Para guiar al usuario en el primer giro que debe realizar independientemente de la dirección a la que esté observando.
- **Audio.** - Como señal auditiva para que el usuario sepa que la aplicación está funcionando.
- **Azimuth.** – Como referencia del Norte para orientar al usuario en el primer giro.

En la Figura 26 se presenta el diagrama de flujo del proceso que realiza el servidor de movilidad.

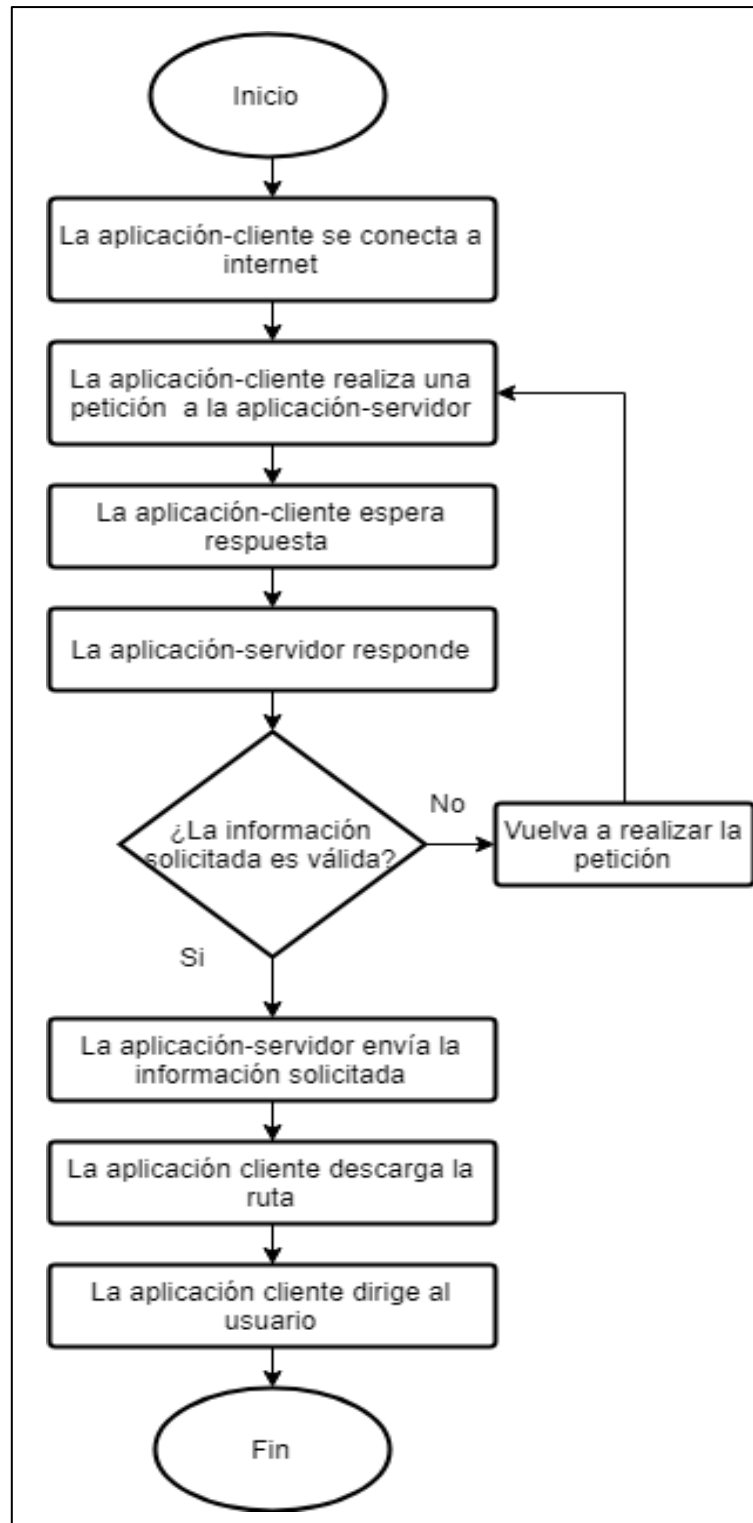


Figura 26. Diagrama de flujo del servidor de movilidad.

Fuente: Autoría

En cuanto al diseño de la pantalla que se muestra en la aplicación, solo existe un botón ubicado en toda la pantalla con el que el usuario realiza las peticiones, ya sea para buscar información, seleccionar un destino o el manual de usuario haciendo uso

del reconocimiento de voz del usuario, lo que facilita el tiempo de aprendizaje del sistema. En la Figura 27 se observa la pantalla.

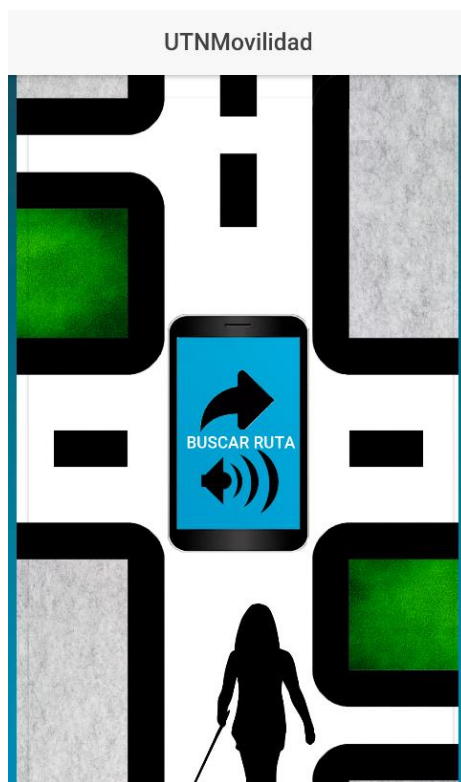


Figura 27. Visualización de la Aplicación-Cliente.
Fuente: Autoría

Capítulo 4: Pruebas de funcionamiento del sistema

En este capítulo se presentan las pruebas de funcionamiento del sistema, con las que se espera analizar el correcto funcionamiento de las herramientas utilizadas, la fase de pruebas fue realizada inicialmente con simulaciones y posteriormente probando el sistema en el ambiente real. El área de pruebas de funcionamiento es por toda la ruta previamente creada por el ingeniero Edwar Vásquez, Analista de Seguridad Ocupacional.

4.1.Prueba general del sistema (simulaciones)

Se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema haciendo una simulación de la ruta para demostrar que la aplicación funciona correctamente en un ambiente de laboratorio.

Con la herramienta QGIS se generaron todas las rutas (formato kml) y se las descargó al dispositivo móvil cargándolas a una aplicación llamada Lockito que sirve para simular rutas, al mandar a correr dicha aplicación con la aplicación UTNMovilidad se puede observar el recorrido realizado por las dos aplicaciones sin margen de error como se muestra en la Figura 28.

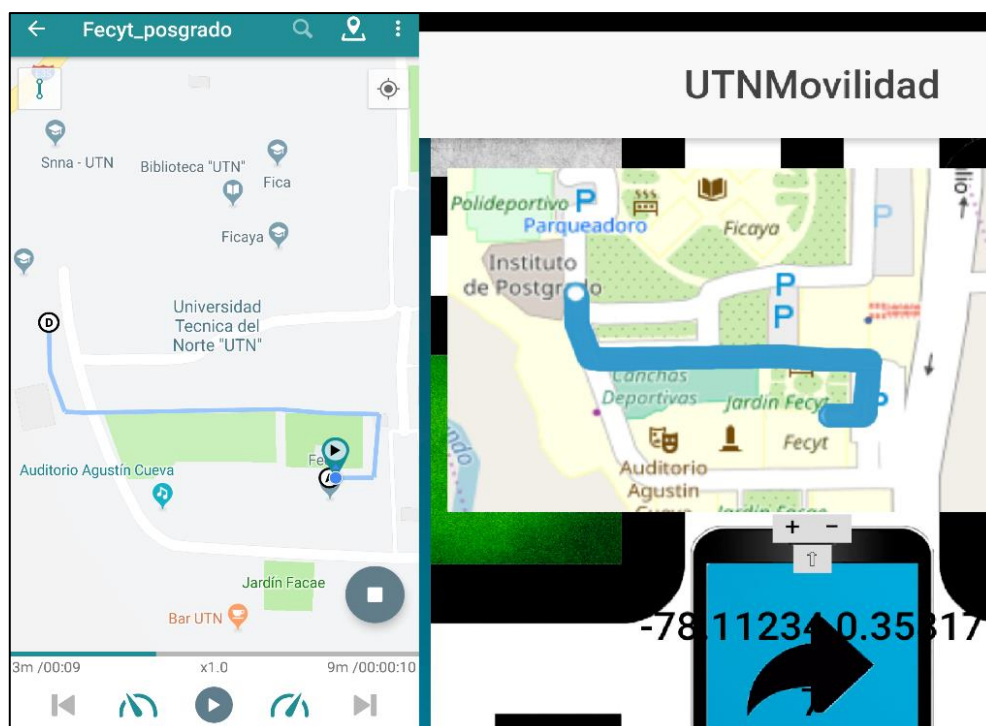


Figura 28. Trazo de una ruta simulada en un dispositivo móvil

Fuente: Autoría

En la figura 28 se puede observar cada punto graficado por el GPS completando una línea sin variaciones por ser una simulación, algo que sucedió al probar todas las rutas.

4.1. Prueba general del sistema (ambiente real)

Se realizaron las pruebas del funcionamiento del sistema mediante la ejecución de la aplicación en el campus universitario para la respectiva corrección de errores, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 53.

Tabla 53. Tabla de resultados de la prueba general.

PRUEBA	RESPUESTA	
	Cumple	No Cumple
Funcionamiento del sistema de 7:00 am a 10:00 pm y con un margen de error menor de 5 metros.	X	
Funcionamiento en diversas condiciones climáticas (lluvia, viento, días nublados) con un margen de error menor de 5 metros.	X	
Alerta de obstáculos o cruce de vehículos antes de llegar, con un margen de error menor de 5 metros.	X	
Lectura (lector de texto) de cada orden, alerta y giros en toda la ruta.	X	

Cada vez que se presione el botón, se detienen los mensajes y se realiza una nueva petición.	X
Actualización de la ubicación del usuario (GPS) cada segundo.	X
Lector de texto a una velocidad adecuada para el oído del usuario (150 a 200 palabras por minuto)	X
Reconocimiento de voz en cada petición (Ruta, información y manual de usuario).	X
Diferenciación en el reconocimiento de voz de diferentes tonos y aislamiento de sonidos (Reconocimiento de cada orden de los usuarios).	X
Brújula para lectura de orden inicial con grados y dirección (derecha o izquierda)	X
Sonido leve y corto cada 12 segundos para indicarle al usuario que la aplicación está funcionando.	X
Funcionamiento del botón al presionar la pantalla	X
Generación de la ruta desde la ubicación del usuario a su destino con el algoritmo de dijkstra.	X
Descarga de la ruta en menos de 10 segundos.	X

Fuente: Autoría

Al finalizar las pruebas generales se demostró que el sistema funciona correctamente y está listo para ser probado por personas con discapacidad visual, en la Figura 29 se puede observar el funcionamiento del GPS en un ambiente real.



Figura 29. Trazo de una ruta en el dispositivo móvil (ambiente real)

Fuente: Autoría

Al comparar las figuras 28 y 29 se puede observar la diferencia en cuanto a los puntos generados por la toma de ubicación con el GPS, aunque en el ambiente real las líneas generadas no son perfectas como en la simulación, se puede observar que los puntos son continuos y en ningún momento se perdió la señal del GPS o existió un margen de error mayor al aceptable.

4.1.1. Personas con discapacidad visual

Para el desarrollo de estas pruebas se contó con la ayuda de 4 personas con discapacidad visual que aceptaron participar y se interesaron en el sistema. Sus nombres se listan en la Tabla 54:

Tabla 54. Personas con discapacidad visual y nivel de discapacidad

Nº	Nombre	Nivel de Discapacidad Visual
1	Kevin Figueroa	Ceguera
2	Milton Solano	Ceguera
3	Raúl Farinango	Ceguera
4	Sra. Hermelinda	Baja visión

Fuente: Autoría

4.1.2. Proceso de las pruebas de funcionamiento

La capacitación para el uso de la aplicación se realizó mientras el usuario caminaba y la probaba, tardando un tiempo aproximado de 20 minutos en entender y utilizarla correctamente. Se realizaron varios recorridos con las personas con discapacidad visual, con cada una se realizó el siguiente proceso:

- **Paso 1:** Ubicarse en un punto de la ruta trazada
- **Paso 2:** Abrir la aplicación (Saludo e indicaciones automáticas).
- **Paso 3:** Pulsar la pantalla y esperar el tono.

- **Paso 4 (opcional):** Solicitar información en caso de no saber el nombre del edificio por medio del reconocimiento por voz (información general, información facultades, manual de usuario, destinos)
- **Paso 4:** Diga su destino (Ejemplo: Auditorio “Agustín Cueva”).
- **Paso 5:** Siga las instrucciones dadas por el lector de texto (Ejemplo: En aproximadamente 1-5 metros Gire a “...”, Precaución cruce de vehículos, obstáculos).
- **Paso 6:** El usuario está llegando a su destino y se lee la información (En aproximadamente 2-4 metros llega a su destino).

4.1.3. Recorridos realizados

Se realizó diferentes recorridos dependiendo del lugar al que los usuarios con discapacidad visual deseaban ir (las imágenes mostradas del algoritmo de dijkstra fueron obtenidas directamente de los satélites de Google por lo que la calidad es menor), los que se describen a continuación:

4.1.3.1. Del punto 25 (Entrada Principal) al punto 43 (Edificio Central)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 30 y se realizó con las personas 2, 3 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto los usuarios llegaron a su destino sin ningún problema utilizando la rampa desde la entrada principal para personas con discapacidad y subiendo a la vereda sin utilizar el vado, siendo alertados por la aplicación de que existía una vereda, ya que el vado en la vereda del edificio Central no está alineado con la rampa, la falta de alineación provoca que existan giros innecesarios en la Figura 31 se muestra la desalineación de estos dos puntos en el campus universitario.

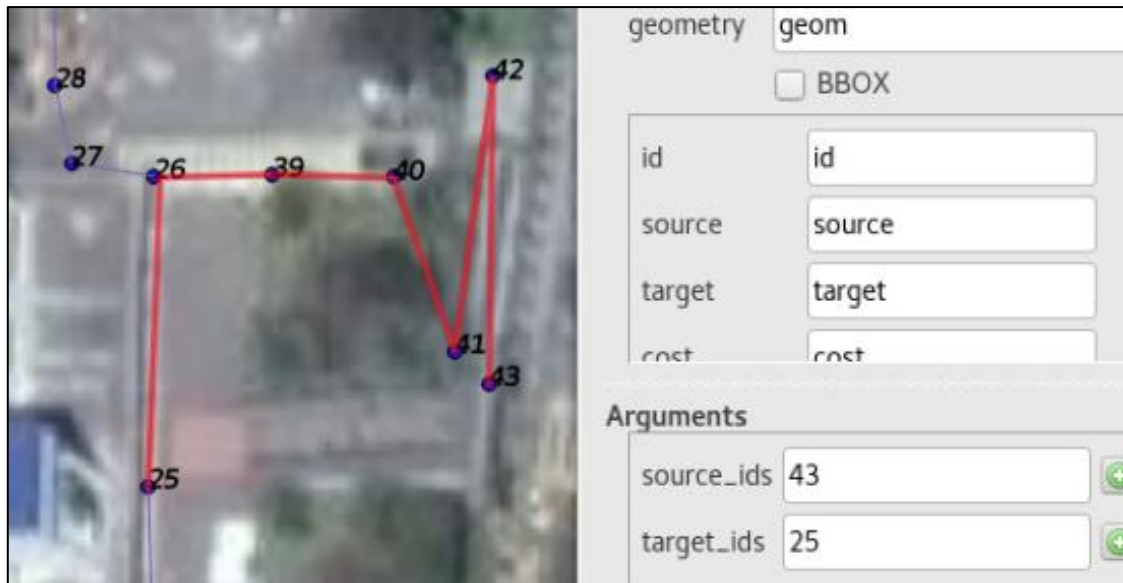


Figura 30. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Entrada Principal) al 43 (Edificio Central).

Fuente: Autoría



Figura 31. Desalineación de puntos de acceso para personas con discapacidad que provoca giros innecesarios

Fuente: Autoría

4.1.3.2. Del punto 25 (Edificio Central) al punto 14 (FECYT)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 32 y se realizó con las personas 1 2 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto los usuarios se encontraron con una vereda que conecta los edificios, pero en el centro del camino existe

un poste que les dificultó el transitar cómodamente del que los usuarios de la aplicación fueron alertados y se observa en la Figura 33.

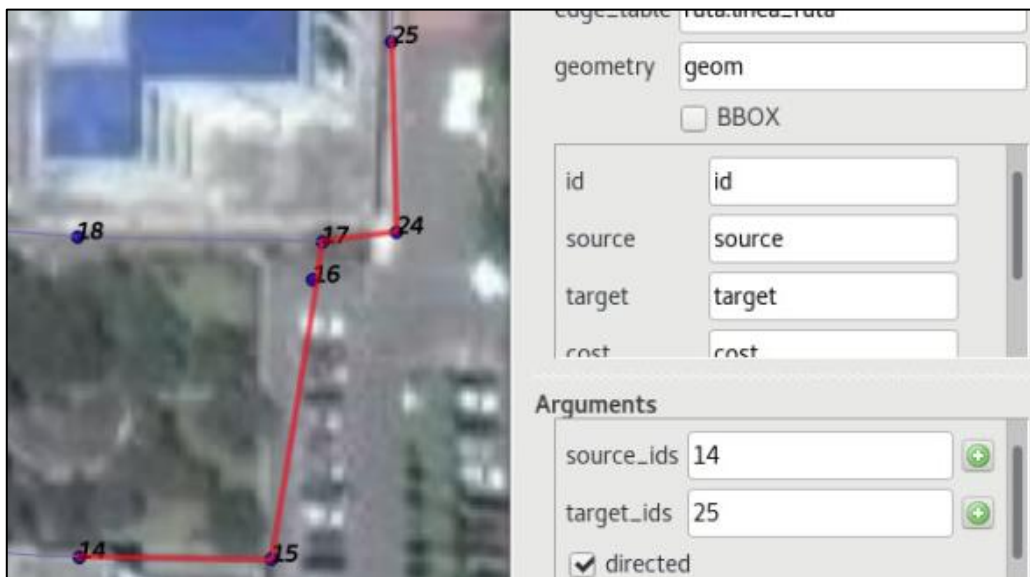


Figura 32. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Edificio Central) al punto 14 (FECYT).

Fuente: Autoría



Figura 33. Poste obstaculizando el camino entre el Edificio Central y la FECYT.

Fuente: Autoría

4.1.3.3. Del punto 14 (FECYT) al punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 34 y se realizó con las personas 1 y 2 (de ida y de regreso), en este trayecto existe un problema de ubicación de rampas además de la falta de un pasamanos, como se muestra en la Figura 35, además de que hay una gran cantidad de escaleras, como se muestra en la Figura 36, por lo que la aplicación guió al usuario por un camino sin giros haciendo uso de gradas y alertándolos de las mismas como se muestra en la Figura 37.



Figura 34. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 14 (FECYT) al punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”)

Fuente: Autoría



Figura 35. Rampa sin pasamanos que pone en riesgo la seguridad de personas con discapacidad visual

Fuente: Autoría



Figura 36. Camino sin definir debido a los diferentes accesos al Auditorio "Agustín Cueva"
Fuente: Autoría



Figura 37. Trayecto directo Parque Auditorio "Agustín Cueva"- entrada Auditorio "Agustín Cueva".
Fuente: Autoría

4.1.3.4. Del punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”) al punto 44 (cancha Sintética 1)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 38 y se realizó con las personas 1 y 2 (de ida y de regreso), en este trayecto el paso cebra está mal dibujado pasando sobre un tope y termina en gradas mal ubicadas y sin rampa, como se muestra en la Figura 39, por lo que se optó por una ruta más segura cruzando por el extremo noreste de la cancha sintética 1, por este trayecto los usuarios se encontraron un arbusto cuyas ramas dificultan el tránsito por la ruta trazada, como se muestra en la Figura 40, por lo que es necesario que sea podado pero no fue impedimento para avanzar. También los usuarios se encontraron con un cruce de vehículos del que fueron alertados, por lo que se detuvieron y al escuchar que no se acercaba ningún vehículo siguieron avanzando. En la Figura 41 se puede observar el área descrita.

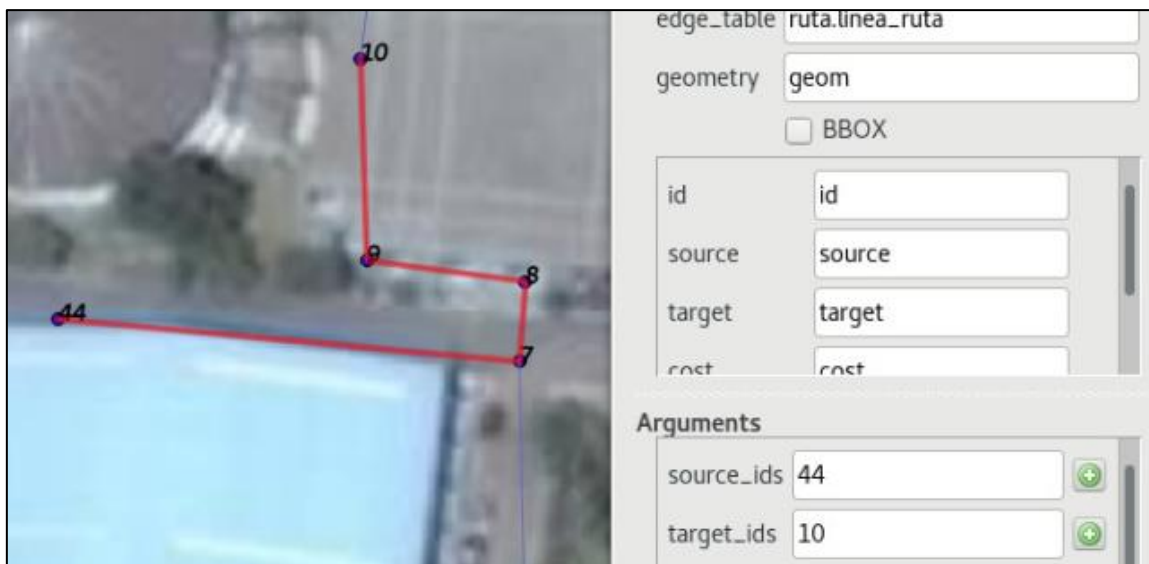


Figura 38. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 10 (Auditorio “Agustín Cueva”) al punto 44 (cancha Sintética 1)

Fuente: Autoría



Figura 39. Paso cebra mal ubicado que pasa por un borde.
Fuente: Autoría



Figura 40. Arbusto obstaculizando la ruta.
Fuente: Autoría



Figura 41. Cruce de vehículos.
Fuente: Autoría

4.1.3.5. Del punto 44 (cancha Sintética 1) al punto 4 (Comedor Universitario)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 42 y se realizó con las personas 1 y 2 (de ida y de regreso), en este trayecto existe un cruce de vehículos donde hace falta un paso cebra y vados en ambos extremos, pero los usuarios avanzaron sin ningún problema gracias a las indicaciones de la aplicación, en la Figura 43 se puede observar el área descrita. Existió un problema con el estacionamiento debido a que los vehículos se encuentran estacionados sobre la vereda, en la Figura 44 se observa este tramo, por lo que se tuvo que avanzar con precaución y rozando los vehículos.



Figura 42. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 44 (cancha Sintética 1) al punto 4 (Comedor Universitario)

Fuente: Autoría



Figura 43. Cruce de vehículos.
Fuente: Autoría



Figura 44. Vehículos estacionados sobre la vereda que obstaculizan el camino.
Fuente: Autoría

4.1.3.6. Del punto 4 (Comedor Universitario) al punto 1 (FACAE)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 45 y se realizó con las personas 1 y 2 (de ida y de regreso), en este trayecto el usuario fue alertado de los desniveles en el camino mostrados en la Figura 46.

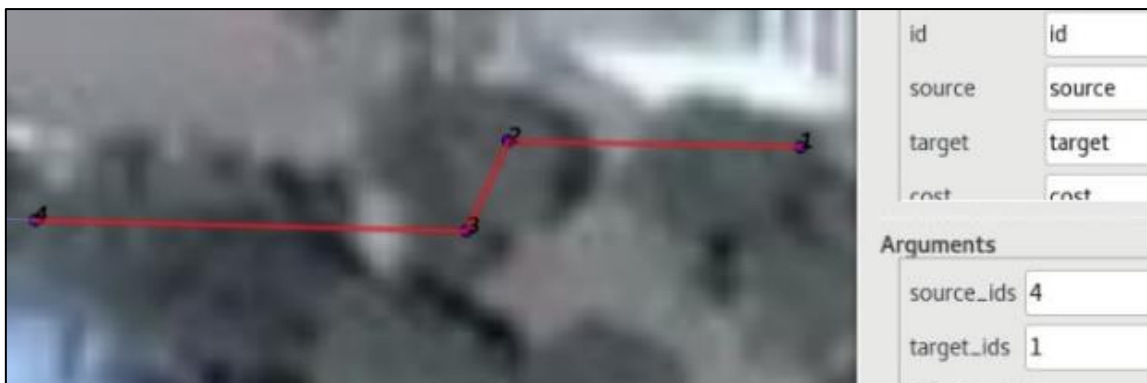


Figura 45. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 4 (Comedor Universitario) al punto 1 (FACAE)

Fuente: Autoría



Figura 46. Veredas.

Fuente: Autoría

4.1.3.7. *Del punto 25 (Edificio Central) al punto 46 (Cancha sintética 1-Chanchas de Ecuavoley)*

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 47 y se realizó con las personas 1 2 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto los usuarios utilizaron un vado ubicado adecuadamente para bajar al parque de la FECYT, luego avanzaron hasta las gradas que se encuentran en un extremo de la cancha sintética 2 que tienen un bordillo del que fueron alertados, ya que puede ser peligroso para una persona con discapacidad visual. En la Figura 48 se pueden observar las escaleras.



Figura 47. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Edificio Central) al punto 46 (Cancha sintética 1- Chanchas de Ecuavoley)

Fuente: Autoría



Figura 48. Escaleras extremo cancha sintética sin una rampa.

Fuente: Autoría

4.1.3.8. *Del punto 46 (Cancha sintética 1- Chanchas de Ecuavoley) al punto 23 (Edificio de Posgrado)*

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 49 y se realizó con las personas 1 2 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto justo al frente del Taller de Mantenimiento Eléctrico los usuarios se encontraron con un cruce de vehículos del que fueron alertados, por lo que se detuvieron y al escuchar que no se acercaba ningún vehículo siguieron avanzando mostrado en la Figura 50.



Figura 49. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 46 (Cancha sintética 1- Chanchas de Ecuavoley) al punto 23 (Edificio de Posgrado)

Fuente: Autoría



Figura 50. Cruce de vehículos.

Fuente: Autoría

Entre el taller de mantenimiento eléctrico y el edificio de Posgrado los usuarios se encontraron un estacionamiento del que fueron alertados y donde se debería colocar una franja de seguridad con la rugosidad adecuada. En la Figura 51 se puede observar el área descrita.



Figura 51. Estacionamiento Posgrado.
Fuente: Autoría

4.1.3.9. Del punto 23 (Edificio de Posgrado) al punto 52 (Polideportivo)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 52 y se realizó con las personas 1 y 2 (de ida y de regreso), en este trayecto el usuario fue alertado de los giros y un vado que tuvo que utilizar mostrados en la Figura 53.

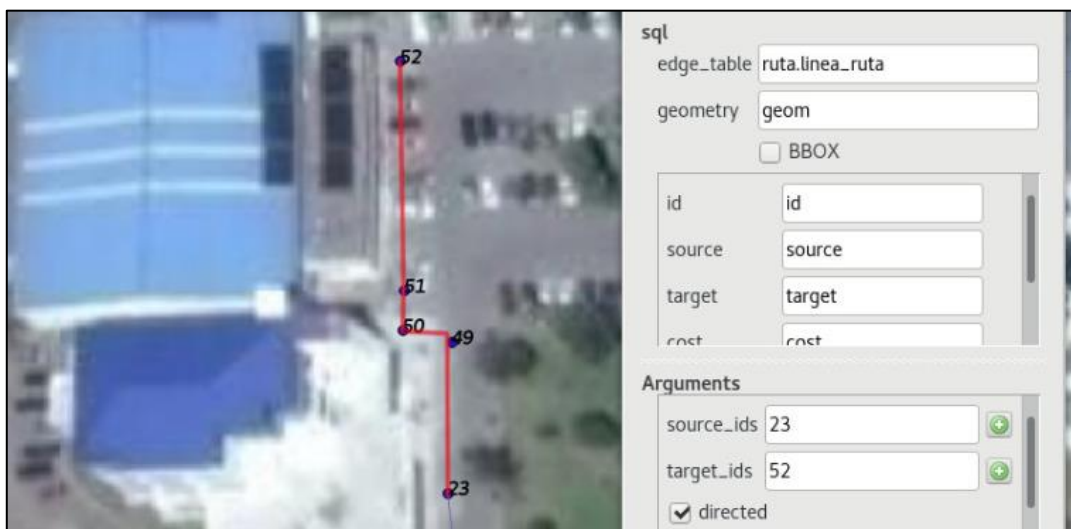


Figura 52. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 23 (Edificio de Posgrado) al punto 52 (Polideportivo)
Fuente: Autoría



Figura 53. Trayecto Edificio de Posgrado-Polideportivo
Fuente: Autoría

4.1.3.10. Del punto 25 (Edificio Central) al punto 32 (FICA)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 54 y se realizó con las personas 1, 2, 3 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto los usuarios se encontraron con un paso cebra por donde se debe transitar, pero los vados no están alineados, ninguno se encuentra a los extremos del paso cebra. Al existir estos problemas los usuarios fueron guiados por el paso cebra sin hacer uso de los vados, como se muestra en la Figura 55.

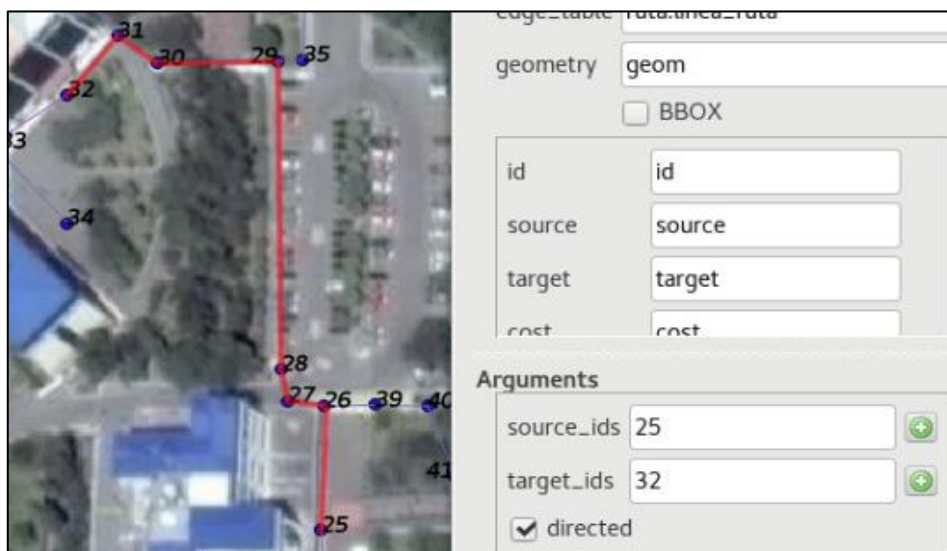


Figura 54. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 25 (Edificio Central) al punto 32 (FICA)
Fuente: Autoría



Figura 55. Paso cebra sin vados alineados.

Fuente: Autoría

4.1.3.11. Del punto 32 (FICA) al punto 33 (Biblioteca)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 56 y se realizó con las personas 1, 2, 3 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto no existió ningún obstáculo y fue muy fácil para los usuarios guiarse haciendo uso de las paredes, como se muestra en la Figura 57.

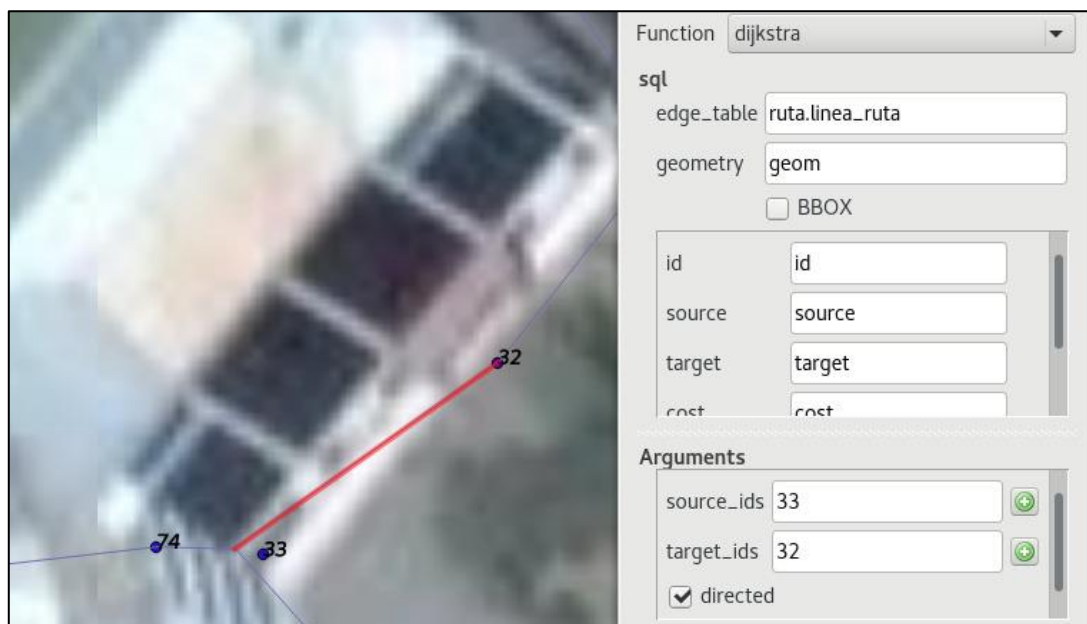


Figura 56. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 32 (FICA) al punto 33 (Biblioteca)

Fuente: Autoría



Figura 57. Trayecto FICA-Biblioteca.

Fuente: Autoría

4.1.3.12. Del punto 33 (Biblioteca) al punto 34 (FICAYA)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 58 y se realizó con las personas 1, 2, 3 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto no existió ningún obstáculo y fue muy fácil para los usuarios guiarse haciendo uso de las paredes, como se muestra en la Figura 59.

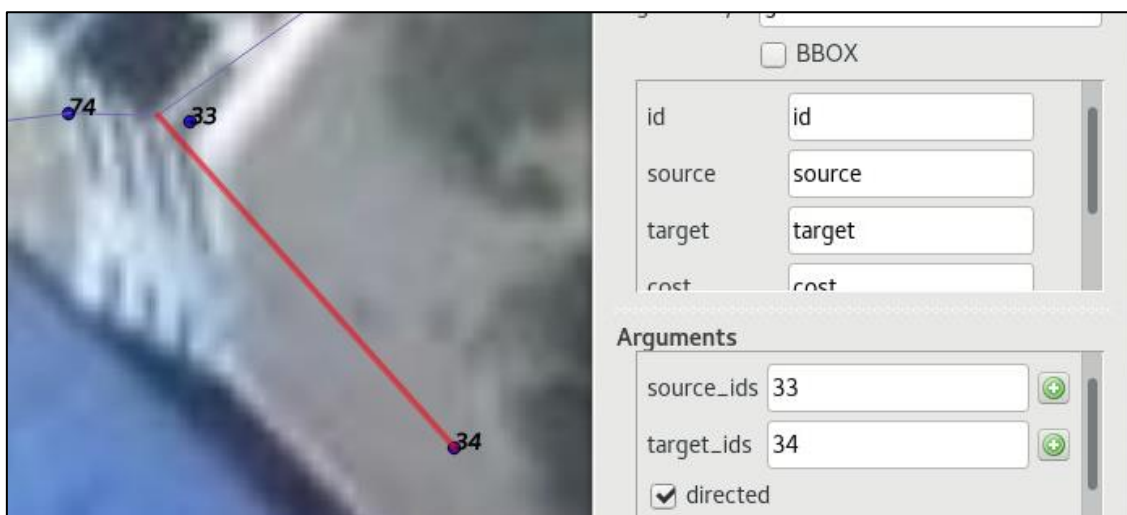


Figura 58. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 33 (Biblioteca) al punto 34 (FICAYA).

Fuente: Autoría



Figura 59. Trayecto Biblioteca-FICAYA.
Fuente: Autoría

4.1.3.13. Del punto 33 (Biblioteca) al punto 69 (CAI)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 60 y se realizó con la persona 2 (de ida y de regreso), para atravesar este trayecto hay que ingresar a la Biblioteca y salir por la segunda salida, se debe rodear un ascensor y fue muy fácil para los usuarios guiarse haciendo uso de las paredes, como se muestra en la Figura 61.



Figura 60. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 33 (Biblioteca) al punto 69 (CAI).
Fuente: Autoría



Figura 61. Trayecto Biblioteca-CAI.

Fuente: Autoría

4.1.3.14. Del punto 33 (Biblioteca) al punto 70 (F. CCSS)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 62 y se realizó con la persona 2 (de ida y de regreso), para atravesar este trayecto hay que ingresar a la Biblioteca y salir por la segunda salida, también se pudo observar una gran cantidad de macetas obstaculizando el paso como se muestra en la Figura 63.

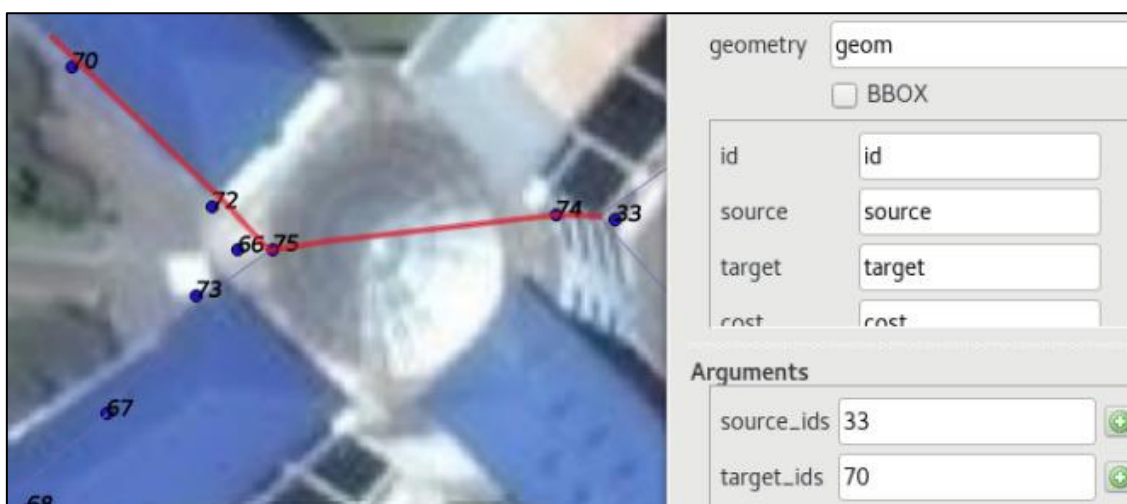


Figura 62. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 33 (Biblioteca) al punto 70 (F. CCSS).

Fuente: Autoría



Figura 63. Trayecto Biblioteca-F. CCSS.
Fuente: Autoría

4.1.3.15. Del punto 32 (FICA) al punto 61 (Gimnasio)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 64 y se realizó con las personas 1 y 2 (de ida y de regreso), en este trayecto no se encuentra una vereda por lo que hay que cruzar por la calle y tampoco existieron obstáculos.



Figura 64. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 32 (FICA) al punto 61 (Gimnasio)
Fuente: Autoría

4.1.3.16. Del punto 61 (Gimnasio) al punto 71 (Complejo Acuático)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 65 y se realizó con las personas 1 y 2 (de ida y de regreso), en este trayecto se encuentra un cruce de vehículos del que los usuarios fueron alertados.

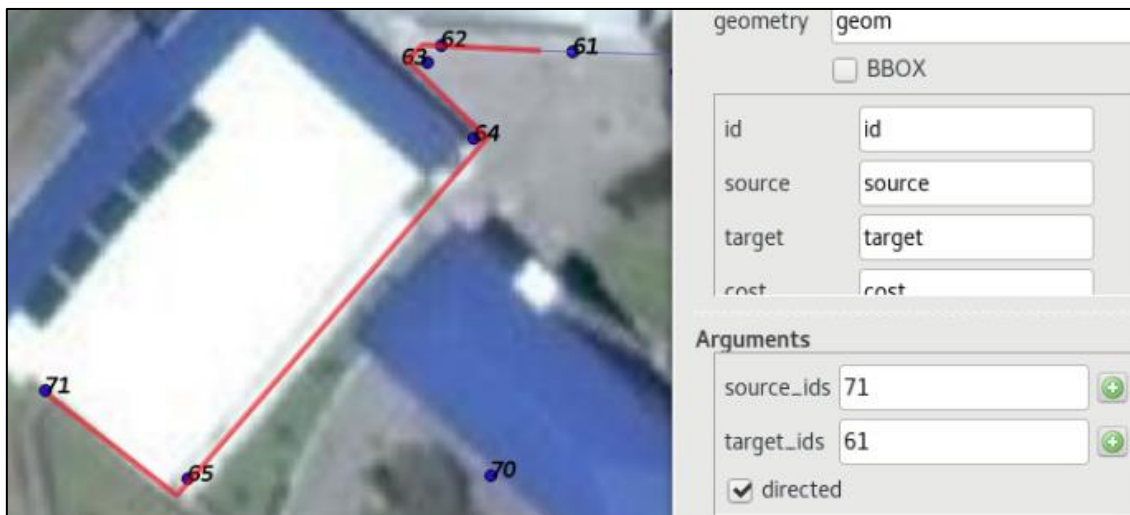


Figura 65. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 61 (Gimnasio) al punto 71 (Complejo Acuático)

Fuente: Autoría

4.1.3.17. Del punto 32 (FICA) al punto 38 (Bienestar Universitario)

La generación de la ruta con el algoritmo de Dijkstra se muestra en la Figura 66 y se realizó con las personas 1, 2, 3 y 4 (de ida y de regreso), en este trayecto los usuarios se toparon con un cruce de vehículos con un paso cebra por donde cruzaron, hizo falta un vado en la vereda de la cancha de básquet y el acceso al edificio de Bienestar no tiene bordes que dificulten el acceso. En la Figura 67 se puede observar el área descrita.

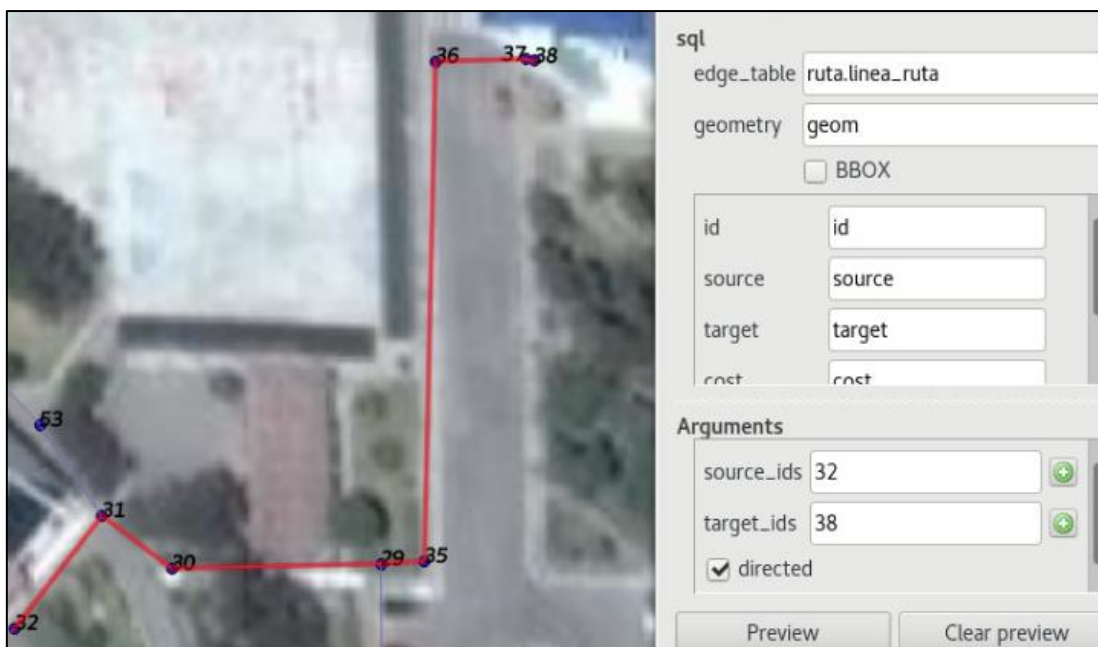


Figura 66. Ruta generada con el algoritmo de Dijkstra del punto 32 (FICA) al punto 38 (Bienestar Universitario)

Fuente: Autoría



Figura 67. Cruce de Vehículos

Fuente: Autoría

En la Tabla 55 se muestran los resultados obtenidos de las personas con discapacidad visual que probaron la aplicación.

Tabla 55. Resultados de las personas con discapacidad visual que probaron la aplicación

PRUEBA REALIZADA	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO OBTENIDO	¿CUMPLE?	
			Si	No
Reconocimiento de voz	La aplicación debe reconocer la voz del usuario	La aplicación reconoció la voz de los usuarios que probaron la aplicación durante todo el recorrido.	X	
Tiempo de descarga de la ruta	Menos de 10 segundos	EDUROAM: 8 segundos aproximadamente. Datos móviles: 4 segundos aproximadamente	X	
Margen de error del GPS	Menor de 5 metros	En todo el trayecto el margen de error del sistema fue menor de 5 metros	X	
Tiempo que tardó el usuario en llegar a su destino (Cuando conoce el trayecto)	Usando el sistema de orientación: Reducción de al menos 5 minutos de su tiempo normal.	Un promedio de 5 minutos más rápido de su tiempo normal. Al utilizar el sistema, aunque el usuario ya tenía conocimiento del camino que debía seguir, se redujo el tiempo, ya que en algunos sitios el usuario dudaba si ir a la izquierda o derecha, también podía pasarse de su destino.	X	
Tiempo que tardó el usuario en llegar a su destino (Cuando no conoce el trayecto)	Usando el sistema de orientación: Reducción del tiempo al menos de 10 minutos.	Sin hacer uso del sistema: Según los testimonios de los usuarios, cuando ellos llegan a un lugar nuevo cuentan con la ayuda de una persona (familiar o amigo) que les ayude a orientarse, el usuario hace uso de este ayudante hasta memorizar la ruta y poder dirigirse a su destino de forma casi independiente, ya que aun después de este proceso de adaptación, el usuario volverá a preguntar a los transeúntes en caso de olvidar su trayecto. Este proceso de memorización tarda aproximadamente 5 meses. Usando el sistema: Al hacer uso del sistema el usuario se dirigió directamente a su destino sin necesidad de	X	

		preguntar, por lo que se redujo el tiempo en el que el usuario tarda en pedir ayuda en aproximadamente 10 minutos y el tiempo de memorización de la ruta en aproximadamente 5 meses.	
Necesidad de un ayudante o de preguntar.	Independencia	El usuario fue capaz de llegar a su destino sin depender de terceros.	X
En caso de obstáculos	Dar al usuario una noción de su alrededor	El usuario supo con anticipación donde se encontraba el obstáculo	X
En caso de cruces de vehículos	El usuario es alertado de que está aproximándose a un cruce de vehículos.	El usuario supo con anticipación del cruce de vehículos y tomó las precauciones necesarias (detenerse y escuchar si se acercaba un vehículo).	X

En las Figuras 68, 69 y 70 se puede observar a personas con discapacidad visual probando la aplicación.



Figura 68. Estudiante con discapacidad visual probando el sistema

Fuente: Autoría



Figura 69. Personas con discapacidad visual que visitan regularmente la Universidad Técnica del Norte probando el sistema

Fuente: Autoría



Figura 70. Estudiante con discapacidad visual probando el sistema

Fuente: Autoría

El requisito principal del sistema de movilidad es que el usuario sea independiente en su orientación, requisito que fue cumplido totalmente y todas las pruebas realizadas obtuvieron el resultado esperado, lo que demuestra que el sistema funciona correctamente.

CONCLUSIONES

Se cumplió con los objetivos del proyecto, ya que el sistema diseñado guía al usuario por medio del Sistema de Movilidad por las rutas creadas por el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos a los diferentes edificios registrados, alertándolo en caso de cruces de vehículos u obstáculos, también cuenta con información de las diferentes carreras y departamentos que se encuentran en los edificios.

El algoritmo de Dijkstra utilizado para la determinación de la ruta, permitió avanzar entre vértices por el camino más corto, también sirve en caso de que se aumenten más rutas en la topología y haya dos o mas caminos para llegar a un solo destino, el algoritmo selecciona el camino mas corto basándose en el costo y el costo reverso.

La recalculación de la ruta está disponible en cualquier momento, solo hay que pulsar la pantalla, debido a que el usuario puede cambiar de opinión en cuanto a su destino, también los mensajes dados por el lector de texto se detienen de cualquier momento para comodidad y ahorro de tiempo del usuario.

Existen Variaciones en las mediciones realizadas por el GPS, dependiendo del teléfono inteligente que se utilice, por lo que se utilizó la aplicación llamada PPP WizLite, para tomar las coordenadas de una forma mas precisa, es decir que se colocó el teléfono inteligente en un punto por un periodo de tiempo de 3 a 4 horas y al cual se le asigna un radio de 3 metros.

El servicio de alojamiento en la nube utilizado Amazon Web Services (AWS) para el almacenamiento de este sistema, tanto de la aplicación-servidor como de la base de datos, fue el único encontrado que permite trabajar con datos espaciales, además de que es muy fácil de usar.

La mayoría de los sistemas o herramientas para la movilidad de personas con discapacidad visual se enfocan en la detección de obstáculos mas no en su orientación, por lo que la dependencia de terceros para moverse se mantiene.

RECOMENDACIONES

Aunque se puedan trazar las rutas basándose en los mapas de Google, en caso de aumentar destinos, es recomendable tomar las coordenadas de cada punto haciendo un recorrido varias veces (al menos 3), para mejorar la precisión del GPS.

Se debe colocar la señalización adecuada en cada trayecto para ayudar a los usuarios con la detección de obstáculos y también en estacionamientos para evitar accidentes.

Se deben considerar las posibles variaciones del GPS y que la precisión puede alterarse, dependiendo de las condiciones climáticas, por lo que siempre debe hacerse uso del bastón u otro medio de detección de obstáculos.

Aunque la aplicación cuenta con un manual de usuario, se recomienda una capacitación para que las personas con discapacidad visual puedan aprender a usar esta herramienta de la misma forma que aprenden a usar cualquier otra herramienta, asesorados por una persona en el área de no videntes en la biblioteca, que les ayude con la instalación.

Se recomienda el uso de tecnologías actuales y software libre que cuente con una gran variedad de información disponible y comunidades que brinden soporte para la solución de posibles problemas.

El sistema operativo óptimo para el buen funcionamiento de la aplicación es Android 8.0, debido a las mejoras en comparación a otros sistemas operativos y con respecto al teléfono inteligente, la aplicación fue probada en dos dispositivos el HUAWEI Mate 9 Pro y el Xiaomi MI 8, por lo que se recomienda dispositivos cuyas características sean similares o mejores.

BIBLIOGRAFÍA

- a. (2017). *Culmina el IV Foro Iberoamericano de empresas “Iberoamérica incluye” – RD 2017*. Obtenido de <http://www.oiss.org/Culmina-el-IV-Foro-Iberoamericano.html>
- AdDuplex. (2016). *AdDuplex Windows Phone Device Statistics Report–July, 2016*. Obtenido de <http://blog.adduplex.com: http://blog.adduplex.com/2016/07/adduplex-windows-phone-device-statistics-report-july-2016.html>
- Android. (2017). *Android Studio*. Obtenido de <https://developer.android.com: https://developer.android.com/studio/index.html?hl=es>
- Android. (2017). *Arquitectura de la plataforma*. Obtenido de <https://developer.android.com: https://developer.android.com/guide/platform/index.html?hl=es-419>
- Apple. (2017). *Apple Maps*. Obtenido de <https://www.apple.com: https://www.apple.com/es/ios/maps/>
- Blindshell. (2018). *BlindShell 2 - Smartphone para usuarios con discapacidad visual*. Obtenido de <https://www.blindshell.com: https://www.blindshell.com/es/eshop/blindshell-2-smartphone-para-usuarios-con-discapacidad-visual-0>
- Blindshell. (2018). *Simple, barato e intuitivo smartphone*. Obtenido de <https://www.blindshell.com/es: https://www.blindshell.com/es>
- Collaguazo, K. (2017). *PLAN DE MEJORA CONTINÚA BASADO EN EL ESTUDIO DE LA RED LOCAL INALÁMBRICA (WLAN) ACTUAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7796>
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2015). *BASTONES DE AYUDA PARA EL DESPLAZAMIENTO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL. REQUISITOS*. Obtenido de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/normas_inen_bastones_ayuda.pdf
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2017). <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/socializacion-de-la-conformacion-del-comite-interinstitucional-para-la-implementacion-de-los-protocolos-y-rutas-para-la-proteccion-de-derechos-de-las-personas-con-discapacidad-en-el-ecuador/>. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/socializacion-de-la-conformacion-del-comite-interinstitucional-para-la-implementacion-de-los-protocolos-y-rutas-para-la-proteccion-de-derechos-de-las-personas-con-discapacidad-en-el-ecuador/>

- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2018). *Accesibilidad Universal y Diseño para Todos (Normas Técnicas Ecuatorianas)*. Obtenido de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec>:
<http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/biblioteca/>
- Consejo Social UPM. (enero de 2005). *Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información*. Obtenido de <http://www.upm.es>:
http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Organos%20de%20Gobierno/Consejo%20Social/Actividades/tecnologias_servicios_para_sociedad_informacion.pdf
- Correa, M. (2013). *COMPOSICIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO MÓVIL IOS DE APPLE Y EL HARDWARE Y SOFTWARE QUE LO UTILIZAN*. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.co>:
<http://repositorio.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/10785/1984/1/CDMIST81.pdf>
- Delgado, R. H. (2016). *Algoritmos para la determinación del circuito de menor longitud en un grafo*. Obtenido de <https://riull.ull.es>:
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/3045/Grado%20de%20Matematicas.pdf?sequence=1>
- Egusquiza, J. (2016). *Señal L5 GPS*. Obtenido de <https://es.slideshare.net>:
<https://es.slideshare.net/GeoJoel/seal-15-gps>
- El Comercio. (2014). *Tendencias no Videntes*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com>:
<http://www.elcomercio.com/tendencias/no-videntes-cuentan-mas-dispositivos-desenvolverse.html>
- El Comercio. (2017). *Proyecto ecuatoriano Hand Eyes gana concurso: Una idea para cambiar la Historia de History Channel*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com>:
<http://www.elcomercio.com/guaifai/handeyes-proyecto-ganador-unaideaparacambiarlahistoria-historychannel.html>
- El País. (2017). *Android ya es el sistema operativo más usado del mundo*. Obtenido de <https://elpais.com>:
https://elpais.com/tecnologia/2017/04/04/actualidad/1491296467_396232.html
- Eric Manuel Aguayo Moreno. (2008). *Desarrollo de un sistema de localización de rutas óptimas entre*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec>:
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/548/1/88022.pdf>
- Esri. (2018). *About ArcGIS*. Obtenido de <https://www.esri.com/es-es/arcgis/about-arcgis/overview>
- Fundación Escuela Latinoamericana de Redes. (2011). *Introducción a las redes WiFi*. Obtenido de <http://www.eslared.org.ve>:
http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion_a_las_redes_WiFi-es-v2.3-notes.pdf
- GitHub. (2018). *Teletype for Atom lets developers share their workspace with team mem*. Obtenido de <https://teletype.atom.io/>

- Google. (2018). *La información geográfica del mundo en tu mano*. Obtenido de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Gutierrez, J. (2004). *El entorno de desarrollo Eclipse*. Obtenido de https://www.uv.es:https://www.uv.es/~jgutierrez/MySQL_Java/TutorialEclipse.pdf
- Humanware. (2018). *Trekker Breeze+ handheld talking GPS*. Obtenido de <https://store.humanware.com:https://store.humanware.com/hau/trekker-breeze-plus-handheld-talking-gps.html>
- Ibarra, R., & Serrano, M. (1999). *Principios de teoría de las comunicaciones*. Mexico: Limusa.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización . (2014). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 239:2000*. Obtenido de Consejo de Discapacidades: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/normas_inen_acceso_medio_fisico.pdf
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). <http://www.normalizacion.gob.ec>. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/Sistema-Internacional-de-Unidades-SI.pdf>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (Marzo de 2017). *SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL - GPS*. Obtenido de [hftp://gisweb.ciat.cgiar.org:hftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf](http://gisweb.ciat.cgiar.org:hftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2007). *Clasificación de Tipo de Discapacidad-Histórica*. Obtenido de http://www.inegi.org.mx:http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/clasificadoresycatalogos/doc/clasificacion_de_tipo_de_discapacidad.pdf
- Java. (2017). *Conozca más sobre la tecnología Java*. Obtenido de <https://www.java.com:https://www.java.com/es/about/>
- JavaScript. (2018). *JavaScript*. Obtenido de <https://www.javascript.com:https://www.javascript.com/about>
- Jesús, T. (2017). *Las versiones de Android y niveles de API*. Obtenido de <http://www.androidcurso.com:http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/146-las-versiones-de-android-y-niveles-de-api>
- Jetbrains. (2018). *IntelliJ IDEA*. Obtenido de <https://www.jetbrains.com:https://www.jetbrains.com/idea/>
- Jorge, F. (2002). *SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL*. Obtenido de https://www.researchgate.net:https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Fallas5/publication/228389461_SISTEMA_DE_POSICIONAMIENTO_GLOBAL/links/55a529f008ae81aec9133e7e/SISTEMA-DE-POSICIONAMIENTO-GLOBAL.pdf

- KZgunea. (2016). *GOOGLE MAPS: VISUALIZA Y PLANIFICA LA MEJOR RUTA*. Obtenido de <http://e-forma.kzgunea.eus>: http://e-forma.kzgunea.eus/pluginfile.php/9988/block_html/content/Maps%20-%20Guia%20Rapida.pdf
- La revista informatica. (2015). *ENGUAJE DE PROGRAMACIÓN C++*. Obtenido de www.larevistainformatica.com: <http://www.larevistainformatica.com/C++.htm>
- Mendieta, J. A. (2017). *ASÍ FUNCIONA FOTOSENTIDOS, PROYECTO DE INCLUSIÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN ECUADOR*. Obtenido de <https://distintaslatitudes.net>: <https://distintaslatitudes.net/fotosentidos-proyecto-ecuador>
- Microsoft. (2018). *IDE de Visual Studio*. Obtenido de <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/>
- Microsoft. (2018). *Visual Studio Code in Action*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com>: <https://code.visualstudio.com/docs>
- Ministerio de Inclusión Económica y Social. (2017). *Se impulsarán proyectos productivos de personas con discapacidad visual*. Obtenido de <http://www.inclusion.gob.ec>: <http://www.inclusion.gob.ec/se-impulsaran-proyectos-productivos-de-personas-con-discapacidad-visual/>
- MongoDB. (2017). *Reinventando la gestión de datos*. Obtenido de <https://www.mongodb.com>: <https://www.mongodb.com/es>
- Moreno, M. (2015). *Análisis, diseño y despliegue de una red WiFi en Santillana del Mar*. Obtenido de <https://repositorio.uam.es>: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/663743/Moreno_Martin_Marta_pfc.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Naciones Unidas. (2007). *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad - Artículo 9*. Obtenido de <http://www.un.org>: <http://www.un.org/spanish/disabilities/default.asp?navid=13&pid=497>
- Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite. (2017). *Sistema de Posicionamiento Global*. Obtenido de <https://www.gps.gov>: <https://www.gps.gov/spanish.php>
- OpenStreetMap. (2017). *Open Street Map*. Obtenido de <https://www.openstreetmap.org>: <https://www.openstreetmap.org/about>
- Oracle. (2017). *Oracle MySQL*. Obtenido de <https://www.oracle.com>: <https://www.oracle.com/es/mysql/index.html>
- Organización Iberoamericana de Seguridad Social. (2017). *Culmina el IV Foro Iberoamericano de empresas "Iberoamérica incluye" – RD 2017*. Obtenido de <http://www.oiss.org>: <http://www.oiss.org/Culmina-el-IV-Foro-Iberoamericano.html>
- Oxford University Innovation. (2016). *Oxford spinout develops smart glasses giving legally blind the ability to read and navigate*. Obtenido de

<https://innovation.ox.ac.uk/news/oxford-spinout-develops-smart-glasses-giving-legally-blind-ability-read-navigate/>

Peñaranda-Ortega, M., Osca-Lluch, J., Ferrer, M. L., Civera-Mollá, C., & Tortosa-Gil, F. (2009). *FUNCIONAMIENTO, REPRESENTACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES ALGORITMOS FRENTE AL CÁLCULO DE UN SMALL WORLD EN CIENCIA*. Obtenido de http://www.iskoiberico.org/http://www.iskoiberico.org/wp-content/uploads/2014/09/99-110_Pe%C3%B1aranda-Ortega.pdf

Plan Nacional Del Buen Vivir. (2013). *Objetivo 2. Auspiciar la igualdad, la cohesión, la inclusión y la equidad social y territorial, en la diversidad*. Obtenido de BUEN VIVIR: <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-2.-auspiciar-la-igualdad-la-cohesion-la-inclusion-y-la-equidad-social-y-territorial-en-la-diversidad>

Polaris. (30 de Octubre de 2004). *SATÉLITES ARTIFICIALES* . Obtenido de http://www.astronomos.org/http://www.astronomos.org/articulistaspolaris/2004/43-SATELITES_ARTIFICIALES.pdf

PostgreSQL. (2017). *PostgreSQL*. Obtenido de <https://www.postgresql.org/https://www.postgresql.org/about/>

Python. (2017). *Python*. Obtenido de <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>

QGIS. (2018). *QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio*. Obtenido de <https://qgis.org/es/site/about/index.html>

Quintero, D. M. (2014). *LA ÓRBITA DE LOS SATÉLITES GEOESTACIONARIOS: TRATAMIENTO JURÍDICO Y POSIBILIDADES DE ACCESO*. Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3061/Orbita_satelites_g_eoestacionarios.pdf?sequence=1

Rena, F. (2004). *Manual de Programación en C para principiantes y avanzados*. Obtenido de https://www.ecured.cu/https://www.ecured.cu/Lenguaje_de_Programaci%C3%B3n_C

Salazar, Y. (2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS OPERATIVOS DE DISPOSITIVOS MÓVILES CON MAYOR DEMANDA EN EL MERCADO* . Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7504/00416S161.pdf?sequence=1>

Spring. (2018). *Spring Tool Suite* . Obtenido de <https://spring.io/tools>

StatCounter. (3 de Abril de 2017). *Android overtakes Windows for first time*. Obtenido de <http://gs.statcounter.com/http://gs.statcounter.com/press/android-overtakes-windows-for-first-time>

- TIOBE. (Noviembre de 2017). *TIOBE Index for November 2017*. Obtenido de <https://www.tiobe.com>: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>
- Toyota. (2016). *Proyecto BLAID, compromiso con la movilidad*. Obtenido de <http://www.toyota.com>: <http://www.toyota.com.ec/proyecto-blaid-compromiso-con-la-movilidad>
- Universidad Técnica Del Norte. (2017). *Nuestros Campus*. Obtenido de <http://www.utn.edu.ec>: http://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2015
- UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. (2017). *Nuestros Campus*. Obtenido de <http://www.utn.edu.ec/web/uniportal>: http://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2015
- Universitat Politècnica de València. (2012). *Smartphones*. Obtenido de <https://histinf.blogs.upv.es>: <https://histinf.blogs.upv.es/2012/12/03/smartphones/>
- Valadez, D. (2015). *ESTADO DE GNSS – PARTE 1: MODERNIZACIÓN DE GPS*. Obtenido de <http://www.ffmpeg.com>: <http://www.ffmpeg.com/es/estado-de-gnss-parte-1-modernizacion-de-gps/>
- Valencia, I., Guerrero, J., & Ramos, E. (2013). *UbicaT: Tecnología incluyente para invidentes*. Obtenido de <http://www.iiis.org>: http://www.iiis.org/CDs2013/CD2013SCI/CISCI_2013/PapersPdf/CA228UF.pdf
- Yeicy, R., Jonathan, C., & Santiago, T. (2012). *SISTEMA OPERATIVO ANDROID: CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONALIDAD*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co>: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2687/0053M722.pdf?sequence=1>

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

GRADLE: Herramienta de automatización cuando se construye código.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

CONADIS: Consejo Nacional de Discapacidad.

BASTÓN DE AYUDA: Sirve para el desplazamiento de las personas con discapacidad visual.

INCLUSIÓN: Incluir a personas con cualquier tipo de discapacidad a la sociedad, por medio de políticas y proyectos que les permitan realizar actividades cotidianas y formar parte del campo laboral de forma libre e independiente.

BASE DE DATOS ESPACIAL: Es un sistema que puede manejar datos espaciales.

DATOS ESPACIALES: Sirven para representar información física de un lugar y su forma.

TELEDETECCIÓN: Se refiere a detectar información de la superficie de la tierra u otros astros a distancia por medio de ondas y satélites artificiales.

SQL: Lenguaje de consulta estructurada.

NODE.JS: Entorno de ejecución para JavaScript.

JSON: Formato liviano de intercambio de datos.

EDITOR DE CÓDIGO: Es un **editor** de texto para edición de **código** fuente para programas informáticos.

EDUROAM: WiFi académico mundial.

MULTIPLATAFORMA: Que puede ser utilizado en gran variedad de entornos y sistemas operativos.

TYPESCRIPT: lenguaje de programación libre y de código abierto

FRAMEWORK: Conjunto de librerías.

ANEXOS

ANEXO 1: Formato y resumen de la entrevista dirigida a la Lic. Janeth Enríquez, encargada del Área de No Videntes de la Biblioteca en la Universidad Técnica del Norte.

1. En el área de no videntes: ¿Qué tipo de ayuda es la más solicitada por las personas con discapacidad visual que la visitan?
2. En la Universidad Técnica del Norte: ¿Se realizan eventos para personas con discapacidad visual? ¿Con qué frecuencia?
3. ¿Cuántas personas con discapacidad visual visitan aproximadamente el área de no videntes cada semana?
4. De las personas con discapacidad visual que visitan el área de no videntes: ¿Cuántas pertenecen a la Universidad Técnica del Norte?
5. Según Usted: ¿La universidad Técnica del Norte cuenta con la señalización adecuada para personas con discapacidad visual?
6. Generalmente las personas con discapacidad visual que la visitan: ¿Vienen solas ayudándose de algún dispositivo de guía o acompañadas de alguna persona?
7. De las personas con discapacidad visual que la visitan: ¿Alguna le ha comentado de dificultades que ha tenido para llegar hasta la biblioteca?

En la entrevista la Lic. Janeth Enríquez nos cuenta un poco del trabajo que realiza en el Área de No Videntes, donde capacitan a personas con discapacidad visual, en computación, el uso de herramientas y la enseñanza del sistema braille. Aunque las capacitaciones están destinadas a personas con discapacidad visual, la Lic. Janeth también capacita y da la bienvenida a cualquier persona que desee asistir, solo hace falta tener la iniciativa de querer aprender un nuevo lenguaje.

La Lic. Janeth nos habla del concurso de libro leído que el Área de No Videntes realiza cada año, el más reciente se realizó el 23 de abril de este año, en donde participaron jóvenes con diversos grados de discapacidad visual haciendo uso del sistema braille. En cuanto a las personas con discapacidad visual que la visitan, ella supo manifestar que son un total de 7 estudiantes a la semana, ellos asisten a la biblioteca por ayuda en lo que respecta a lectores de pantalla y el escaneo de libros, mientras que los demás visitantes son personas de afuera de la UTN, en su mayoría niños y adolescentes que vienen acompañados de sus padres y dos personas adultas.

Cuando se le preguntó a la Lic. Janeth acerca de la señalética instalada en la universidad, recordó que hace 3 años ella con ayuda del Área de No Videntes, instalaron señalización ética pero solo en algunas facultades, por lo que cree que ésta es insuficiente, e inclusive la poca señalización que se instaló debe ser cambiada porque fue vandalizada por estudiantes. En cuanto a la señalización en exteriores supo manifestar que es inexistente.

Al finalizar la entrevista la Lic. Janeth dijo que en algunas ocasiones las personas con discapacidad visual que visitan el Área de No Videntes supieron manifestarle las dificultades que presentaron para encontrar la biblioteca por la gran cantidad de escaleras que tienen que utilizar, ya que, no saben dónde se encuentran las rampas por la falta de señalización adecuada y al momento de preguntar a transeúntes los guían por el camino más corto, pero con más obstáculos.

ANEXO 2: Formato y resumen de la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez, analista de seguridad ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos en la Universidad técnica del Norte (Situación Actual).

1. ¿Cuál es el rol del Departamento de Seguridad y Gestión en Riesgos en la Universidad Técnica del Norte?
2. ¿Qué tipo de ayuda o apoyo brinda el departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos a personas con discapacidad visual?
3. ¿Existe personal docente o administrativo con discapacidad visual trabajando en la Universidad Técnica del Norte?
4. ¿La universidad Técnica del Norte cuenta con señalética adecuada para personas con discapacidad visual tanto en interiores como exteriores?
5. ¿Existen rutas predefinidas para que las personas con discapacidad visual puedan movilizarse por el campus universitario?
6. En el futuro: ¿Existe algún proyecto para mejorar la señalética en el campus universitario? De ser así: ¿Cómo se está gestionando?

En entrevista realizada al Ing. Edwar Vásquez nos explica que el Departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos se encarga de la prevención de enfermedades y accidentes, así como también del manejo de acción de riesgos y de la gestión de desastres específicamente para el personal docente, administrativo y de los trabajadores de la Universidad Técnica del Norte, en caso de alguna discapacidad se brinda ayuda en el puesto de trabajo. Al hablar puntualmente acerca de la discapacidad visual, el Ing. Vásquez nos cuenta que existen un total de 6 personas con esta discapacidad trabajando hasta la fecha, y que el año pasado se jubiló una persona del área administrativa que presenta discapacidad visual total, quedando como el caso más grave el de una persona que presenta discapacidad visual del 80% trabajando en el área administrativa.

En cuanto la señal ética instalada tanto en interiores como en exteriores del campus universitario, al ingeniero Vásquez se le pidió su opinión en calidad analista ocupacional y basándose en su conocimiento nos supo manifestar que el único lugar con señalización ética es el Edificio Central, mientras que en el resto de los edificios y en los exteriores no se dispone de señalización. Al hablar de la existencia de rutas predefinidas para personas con discapacidad visual, el Ing. Vásquez nos informa que no existen, pero que se encuentran en proceso de desarrollo, ya que son muy importantes para ayudar a los visitantes a orientarse correctamente en el campus universitario, algo que le preocupa a pesar de que su trabajo se limita al personal universitario.

El Ing. Vásquez en el año 2017 presentó un proyecto llamado “Señal Inclusiva” en donde pedía presupuesto para la señalización que se necesita en el campus universitario y estaba dirigida específicamente para personas con discapacidad visual, pero lamentablemente debido a recortes de presupuesto en todo el país no se obtuvo el capital requerido y el proyecto no se pudo implementar por lo que el ingeniero volverá a presentar su proyecto para el año 2019.

ANEXO 3: Formato y resumen de la entrevista realizada al ingeniero Edwar Vásquez, analista de seguridad ocupacional encargado del departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos en la Universidad técnica del Norte (Requerimientos).

1. ¿Qué tan importante ve usted la necesidad de instalar semáforos en puntos de cruce de vehículos para personas con discapacidad visual? y ¿Existe la viabilidad financiera para esta implementación?

Para finalizar la entrevista se le preguntó al Ing. Vásquez sobre la importancia que tendría la implementación de semáforos en los cruces de vehículos, en donde expresó que el Departamento de Seguridad y Gestión de Riesgos lo ve como una necesidad, ya que han existido inconvenientes con personas sin discapacidades y que para una persona con discapacidad visual es peor, también piensa que beneficiarían en el orden tanto de personas como de vehículos y en cuanto a su viabilidad financiera, los semáforos están incluidos en el proyecto “Señal Ética” por lo que solo hace falta esperar el presupuesto.

ANEXO 4: Entrevista realizada a la doctora Eugenia Olbes, directora del departamento de Bienestar Universitario en la Universidad Técnica del Norte.

1. ¿Cuál es el rol de bienestar estudiantil en la Universidad Técnica del Norte?
2. ¿Qué tipo de ayuda o apoyo brinda el departamento de bienestar estudiantil a personas con discapacidad visual?
3. ¿Existen estudiantes con discapacidad visual en la Universidad Técnica del Norte?
4. ¿La visitan regularmente? y si es así: ¿Cuál es el tipo de ayuda que solicitan?
5. ¿Han realizado proyectos en beneficio de personas con discapacidad visual? si es así: ¿De qué se trataron?
6. Según usted: ¿La universidad Técnica del Norte cuenta con señalética adecuada para personas con discapacidad visual tanto en interiores como exteriores?
7. De las personas con discapacidad visual que la visitan: ¿Alguna le ha comentado de dificultades que ha tenido para moverse entre edificios?

En la entrevista realizada a la Dra. Olbes nos explica que el rol del Departamento de Bienestar Universitario es el de apoyar a los estudiantes para su desarrollo y su equilibrio psicológico-social, con el objetivo de que los estudiantes se encuentren en óptimas condiciones y rindan académicamente. En cuanto a estudiantes con discapacidad visual el apoyo es casi igual, salvo en la prioridad de la atención médica y también les brindan becas para incentivarlos a terminar su formación académica, en caso de existir problemas que tengan que ver con su discapacidad el departamento de Bienestar Universitario se encarga de hablar con el respectivo coordinador de carrera y el docente implicado para buscar una solución, también si necesitan una herramienta o algún tipo de apoyo se encargan de gestionar la ayuda con la persona indicada.

La Dra. Olbes nos cuenta hay un total 5 estudiantes con discapacidad visual (total y parcial), algo que les impide el normal desenvolvimiento en el punto de vista físico y

académico. Estos estudiantes acuden al Departamento de Bienestar Universitario en busca de asesoría en caso de necesitarla, también cuentan con un chat grupal con el que están en contacto permanente con la orientadora y entre ellos, para ayudarse mutuamente. El Departamento de Bienestar Universitario cuenta con un proyecto llamado: “Inclusión de Personas con Discapacidad Visual” que se enfoca en brindar ayuda específicamente a este grupo estudiantil, también colaboran con otras facultades, el año pasado el Departamento de Bienestar Universitario trabajó conjuntamente con la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación para la creación de una aplicación que ayude a estudiantes con discapacidad visual a tomar apuntes en clase, para lo cual se realizaron capacitaciones.

Para finalizar la entrevista se le preguntó a la Dra. Olbes su opinión acerca de la existencia de señal ética en el campus universitario, ella nos supo manifestar que no existe y que debería haber sistemas por voz e implementar rotulación Braille en los carteles, ya que recuerda que en una ocasión un estudiante que egresó hace unos años le comentó que tenía problemas en cuanto a la orientación, con su bastón podía detectar obstáculos pero no sabía en donde estaba, ni que camino elegir para llegar a su destino, aunque existen algunas rampas no las usan porque no saben que están ahí.

ANEXO 5: Formato y resumen de la entrevista realizada a la Srta. Verónica Farinango, estudiante de la Carrera de Psicología General (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte (Situación Actual).

1. ¿Cuál es su nombre?
2. ¿Cuál es su cargo/carrera?
3. ¿Cuál es su nivel de discapacidad visual?
4. ¿Hace cuánto tiempo trabaja/ estudia en la universidad?
5. ¿Cómo llega a la Universidad? ¿Por transporte público o en vehículo privado?
6. ¿Cómo transita habitualmente por la universidad hasta llegar a su puesto de trabajo? y ¿Recibe algún tipo de ayuda?
7. ¿Cuánto tiempo tarda en llegar desde que ingresa a la universidad hasta su puesto de trabajo?
8. ¿Cuál es el mayor obstáculo que encuentra o ha encontrado para llegar a su puesto de trabajo?
9. Si necesita salir de su puesto de trabajo hacia otros edificios de la universidad ¿Cómo lo realiza? ¿Necesita ayuda para llegar?
10. Según usted ¿La universidad cuenta con la señalización adecuada para personas que presentan discapacidad visual?

Verónica Farinango tiene un nivel de discapacidad visual del 82%, cursa su segundo semestre de carrera y llega a la Universidad por transporte público sin ningún acompañante. Para transitar por el campus universitario Verónica nos cuenta que actualmente lo hace sola pero que le tomó mucho tiempo adquirir la experiencia necesaria, ya que desde que ingresó a la universidad realiza el mismo recorrido y la primera vez que visitó el campus universitario necesitó la ayuda de un familiar que la estuvo acompañando en su primer semestre hasta que ella memorice el camino, algo que le causó muchas dificultades y malos ratos. Cada que Verónica quiere visitar un nuevo

lugar en la Universidad Técnica del Norte necesita la ayuda de una persona que la guíe hasta memorizar el camino.

Verónica utiliza un bastón de apoyo para la detección de obstáculos lo que hace que sea independiente al momento caminar por una ruta ya conocida, también nos cuenta que para llegar a su facultad (FECYT) desde la entrada principal tardaba media hora, por no recordar la dirección y pasarse en algunas ocasiones, tiempo que se redujo a 10 minutos cuando ya memorizó el camino.

Cuando se le pregunto a Verónica acerca del mayor problema que tuvo al movilizarse por el campus universitario, ella menciona la orientación y que le molesta no saber hacia dónde dirigirse y cuando hay que girar, cosa que le incomoda porque tiene que estar preguntando. También nos cuenta que ella cada que quiere ir a un lugar diferente a su facultad, tiene que regresar a un punto específico y desde ahí empezar nuevamente el recorrido, los lugares que ella conoce son: la FECYT, la Biblioteca Central, el CAI y el Complejo Acuático.

En cuanto a la señalética instalada en la universidad Verónica menciona que en los exteriores no conoce ninguna y aunque existiera, cosa que duda, no sabría cómo encontrarla y que preferiría que existiera un camino sin obstáculos y debidamente señalizado para llegar a su destino.

Verónica cuenta con un teléfono inteligente que tiene un lector de pantalla y está familiarizada con el uso de comandos de voz y manipulación del teléfono por medio de pulsaciones. Entre las aplicaciones que utiliza están: Whatsapp, llamadas, Youtube y mensajes.

ANEXO 6: Formato y resumen de la entrevista realizada a la Srta. Verónica Farinango, estudiante de la Carrera de Psicología General (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte (Requerimientos)

1. Si existiera un camino predefinido para personas con discapacidad visual, sin tantos obstáculos usted ¿Lo tomaría?
2. ¿Cuenta con un teléfono inteligente?
3. Opcional: ¿Para qué utiliza su teléfono?

Para Verónica el proyecto es de gran interés y le parece muy beneficioso para personas con discapacidad visual que visiten el campus universitario por primera vez, ya que ella recuerda que el primer día que llegó no tenía ni idea de donde estaba el Edificio Central ni su facultad, además de que admite que a ella también le beneficiaría porque quiere conocer los demás edificios y le parece molesto tener que preguntar, ya que siempre le ha gustado ser independiente y el uso de la aplicación le ahorraría tiempo, debido a que no volvería a perderse y que una vez que conozca los lugares a ella también le gustaría que le pregunten por una dirección, algo que dice, le haría sentir incluida e involucrada con los demás estudiantes en términos de igualdad, motivo por el cual accedió formar parte del proyecto.

En cuanto a problemas con vehículos, Verónica menciona que para cruzar hace uso de su bastón de apoyo y su oído por lo que no tiene muchos problemas en ese tema, pero si le molesta que en los estacionamientos no haya una señalización adecuada, ya que, para moverse, ella siempre va por la derecha y tocando un borde o una pared para orientarse y si se topa con un carro no hay una guía y solo puede seguir recto hasta dar con algo que le ayude a orientarse.

ANEXO 7: Resumen de la entrevista realizada a la Sr. Kevin Figueroa, estudiante de la Carrera de Psicopedagogía (FECYT), en la Universidad Técnica del Norte.

Las preguntas realizadas son las mismas escritas en el ANEXO 5 (Situación Actual).

Kevin Figueroa tiene un nivel de discapacidad visual del 77%, cursa su primer semestre de carrera y llega a la Universidad por transporte público. Para transitar por el campus universitario Kevin recibe ayuda de sus compañeros de clase, ya que aún no está familiarizado con el campus universitario.

Kevin utiliza un bastón de apoyo para la detección de obstáculos, pero nos cuenta que el mayor obstáculo que ha encontrado al momento de movilizarse es la falta de puntos de referencia para orientarse por lo que si necesita salir a otras facultades recibe ayuda de familiares o compañeros, en cuanto a su opinión acerca de la señalización, Kevin nos dice que la señalética es insuficiente por lo que le es difícil ubicarse.

Las preguntas realizadas son las mismas escritas en el ANEXO 6 (Requerimientos).

Para Kevin de existir un camino dedicado únicamente para personas con discapacidad lo tomaría, pero espera que no sea tan largo, en cuanto al uso de dispositivos inteligentes, Kevin usa la herramienta TalkBack que le permite utilizar su teléfono sin ningún problema y utilizar cualquier tipo de herramienta. En cuanto al uso de la aplicación, Kevin comenta que le parece un proyecto muy interesante y le encantaría participar, ya que le serviría para conocer la universidad y familiarizarse con ella.

ANEXO 8: Resumen de la entrevista realizada al Sr. Milton Solano, persona con discapacidad visual que ha visitado el campus universitario de la Universidad Técnica del Norte.

Milton Solano es un estudiante universitario con discapacidad visual, nacido en Ibarra y actualmente reside en Atuntaqui, se encuentra cursando en 5 semestre de la Carrera de Desarrollo Social en la Universidad de Otavalo, tiene amplios conocimientos de proyectos tecnológicos, ya que es una persona activa en la comunidad, antes de iniciar la entrevista se le comunicó del proyecto, en el que presentó un gran interés.

Milton expresó su opinión acerca de herramientas y aplicaciones creadas para personas con discapacidad visual, en el Ecuador, y según su conocimiento, en nuestro país no se cuenta con una herramienta que funcione adecuadamente para orientación de personas con discapacidad visual, y que en general no existen muchas aplicaciones para Android.

Comentó también que conoce algunos proyectos realizados para personas con discapacidad, dos fueron elaborados por estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, Uno creado con el fin de que una persona ciega y otra sorda se comuniquen y el otro es un cinturón para ayudar a una persona con discapacidad visual se pueda ubicar, el cual tiene un margen de error entre 5 a 10 metros.

Un dispositivo que también probó fue HandEyes, que según su opinión es una idea excelente merecedora de premios pero que aún tiene sus fallas, cuenta con varias modalidades, por lo que la precisión varía, en el momento que Milton probó la aplicación, su margen para detección era de 5 metros o mas.

Al hablar puntualmente del sistema de movilidad, Milton expresó su opinión, como por ejemplo que la precisión del GPS es muy importante en este tipo de proyectos relacionados a la orientación, Él también ha probado otros sistemas de orientación cuyo margen de error ha sido entre 5 y 10 metros, una distancia muy grande que considera

inaceptable en este tipo de sistemas, para él un margen de error es aceptable mientras sea menor de 5 metros, con esa distancia el usuario puede utilizar su herramienta preferida para prevención de obstáculos y cubrir ese espacio.

En cuanto al uso del dispositivo móvil inteligente, Milton tiene uno y lo maneja sin ningún problema, su consejo es que siempre se utilice la tecnología más actual del mercado, porque de lo contrario el sistema resultante tendrá limitaciones.

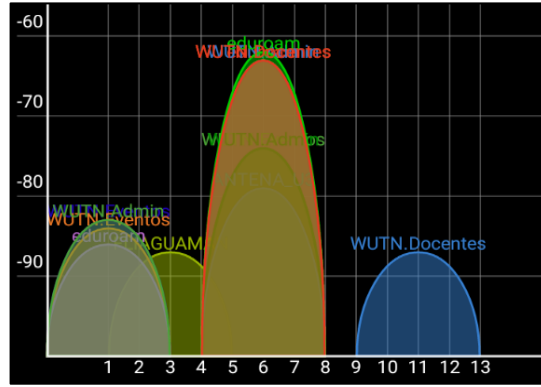
ANEXO 9: Mediciones de la fuerza de la señal EDUROAM en el campus universitario haciendo uso de la herramienta Wifi Analyzer.

Tabla 56. Mediciones de la fuerza de la señal EDUROAM.

Nº	UBICACIÓN	GRÁFICO DE CANALES (Wifi Analyzer)	FUERZA DE LA SEÑAL EDUROAM (dBm)
1	Entrada Principal UTN	<p>Fuente: Wireless Controller</p>	-77
2	Edificio Central	<p>Fuente: Wireless Controller</p>	-58
3	FECYT	<p>Fuente: Wireless Controller</p>	-70

4

FACAE

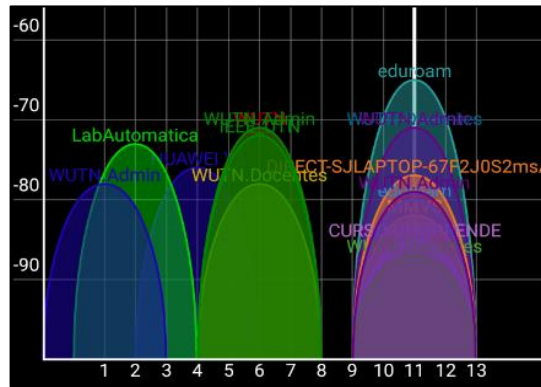


-62

Fuente: Wireless Controller

5

F.CC.SS

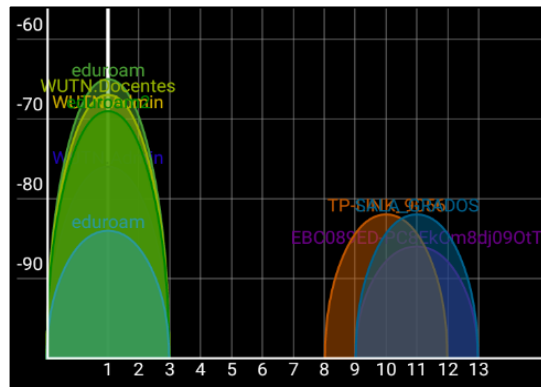


-65

Fuente: Wireless Controller

6

FICA

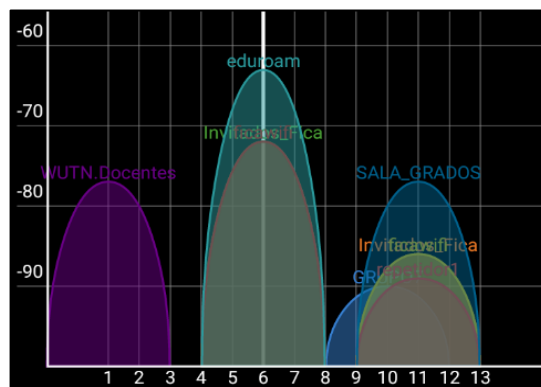


-65

Fuente: Wireless Controller

7

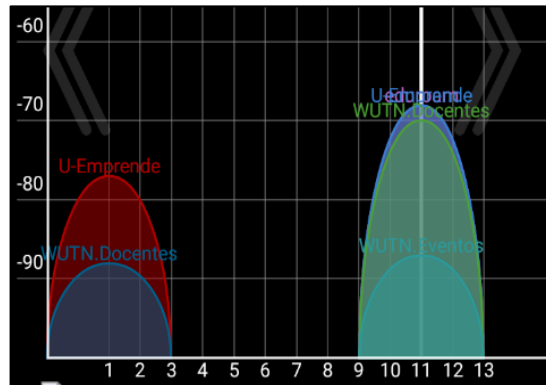
FICAYA



-63

Fuente: Wireless Controller

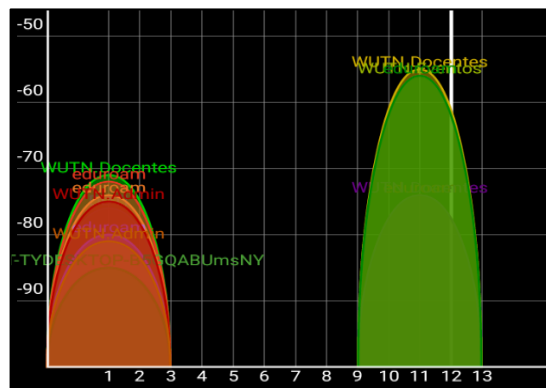
8

Edificio Centro
De Idiomas

-68

Fuente: Wireless Controller

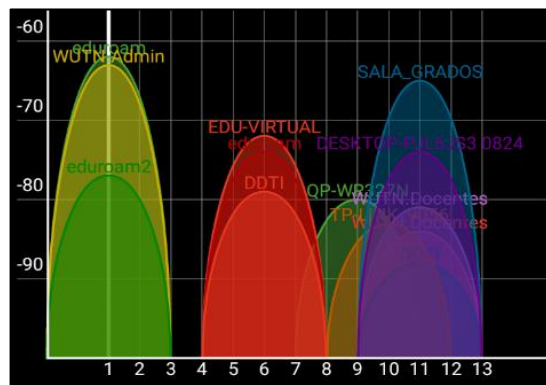
9

Auditorio
“Agustín Cueva”

-56

Fuente: Wireless Controller

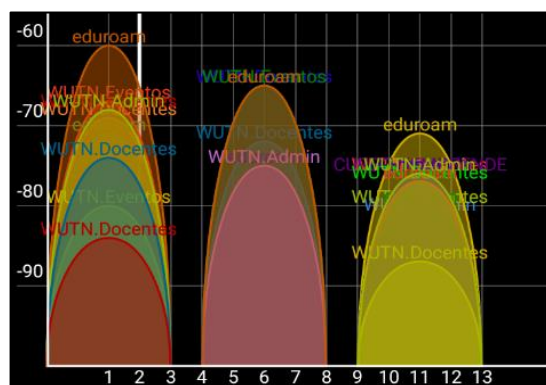
10

Biblioteca
General

-62

Fuente: Wireless Controller

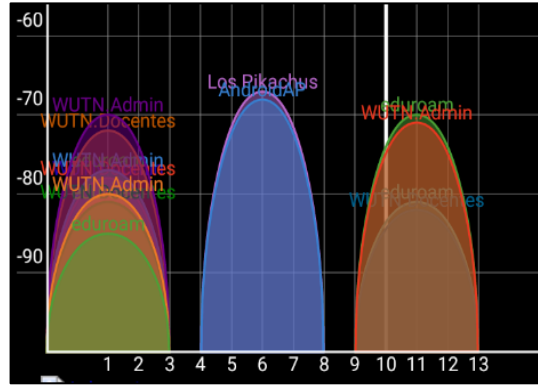
11

Edificio
Postgrado

-60

Fuente: Wireless Controller

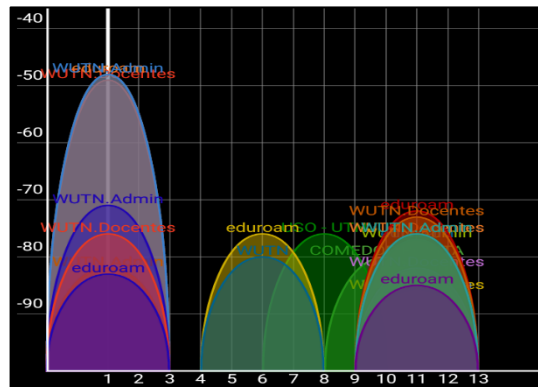
12 Gimnasio de Especialidades



-70

Fuente: Wireless Controller

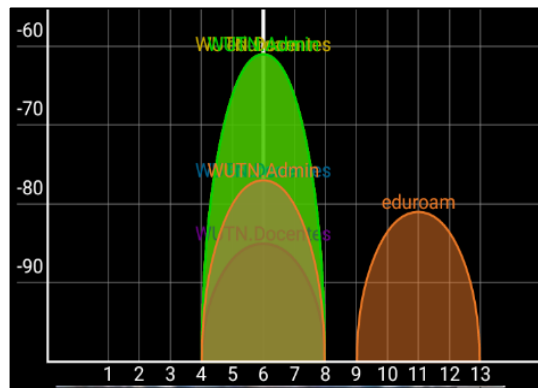
13 Bienestar Universitario



-48

Fuente: Wireless Controller

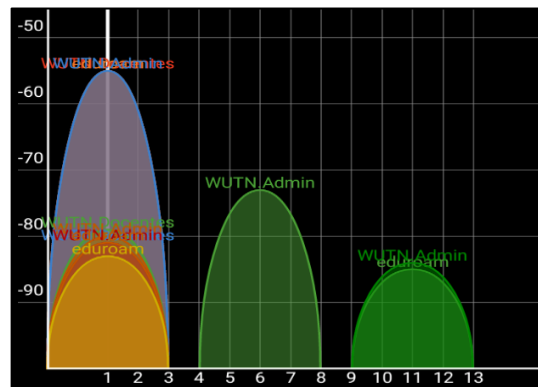
14 Comedor Universitario



-61

Fuente: Wireless Controller

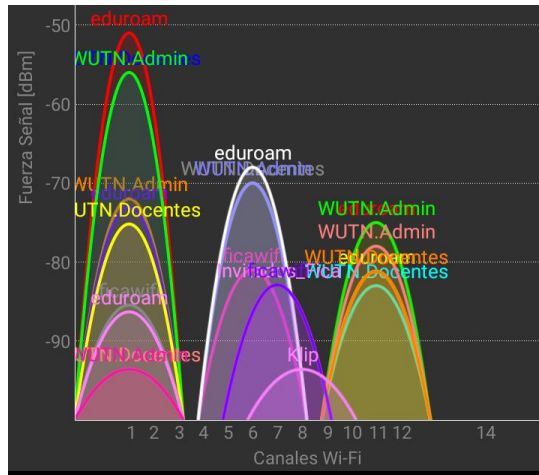
15 Estacionamiento para Discapitados



-64

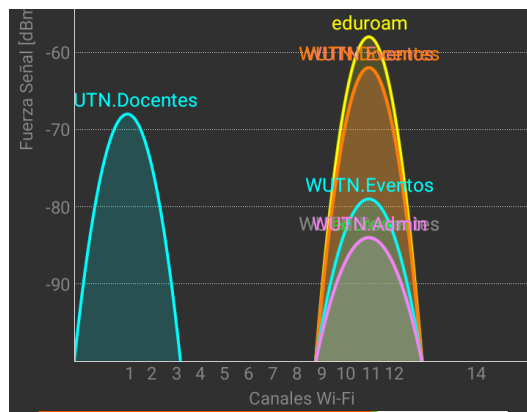
Fuente: Wireless Controller

F: CCSS



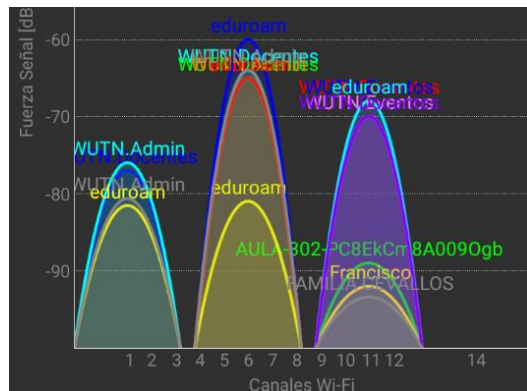
51

CAI



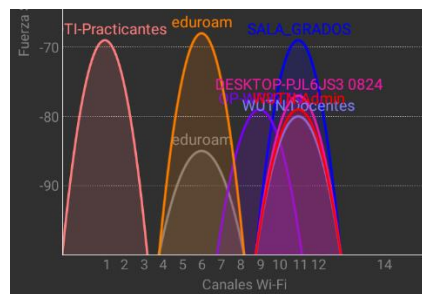
52

Cancha sintética 1



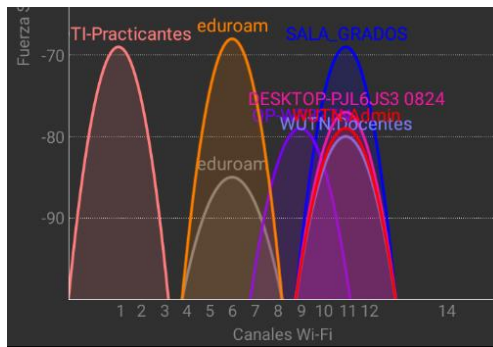
60

Cancha sintética
2-Cancha de
ecuavoley



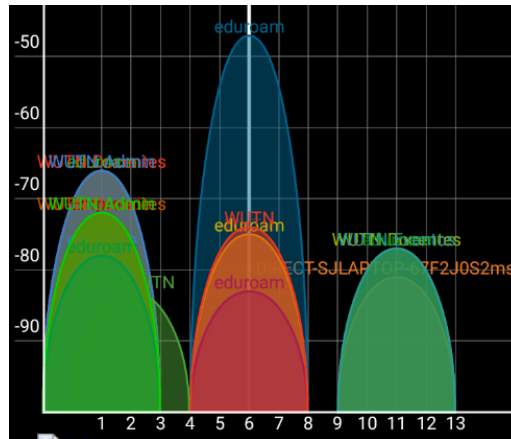
65

Gimnasio



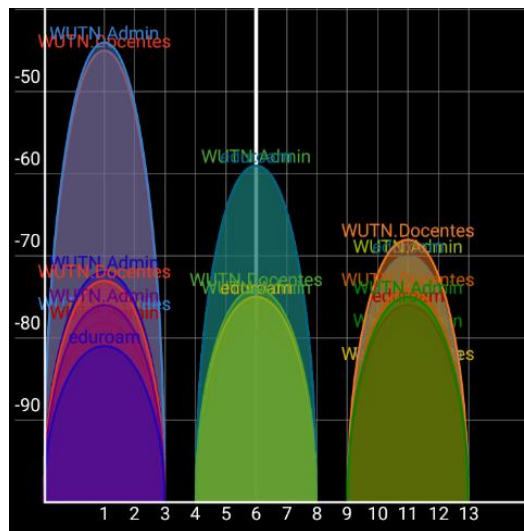
67

Piscina



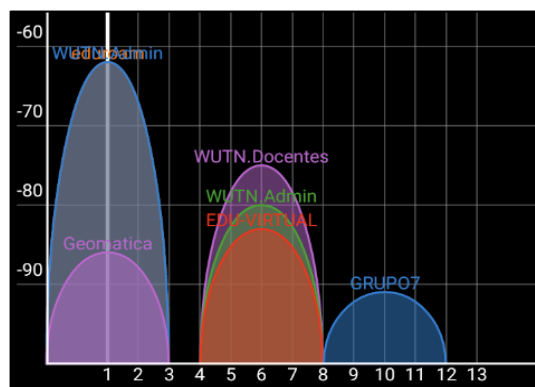
47

Polideportivo



59

16 Cruce de Vehículos Edificio Central



-62

Fuente: Wireless Controller

ANEXO 10: Manual de Administrador

En el manual de administrador se encuentra información acerca de cómo crear o cambiar una ruta en caso de que la topología deba ser modificada y también como agregar nuevos destinos en la base de datos.

Herramienta QGIS para la creación de la topología

Abra la herramienta Quantum GIS de escritorio.

Como referencia para la creación de las rutas hay que utilizar los mapas de Google para ubicar los vértices. De la siguiente forma:

- Panel del explorador ---Tile Server (XYZ) --- Click derecho New Connection (Figura 71).



Figura 71. Panel del explorador

Fuente: Autoría

- Copie las siguientes URLs y colóquelas en la nueva ventana (Figura 72) y clic en Aceptar.

<https://mt1.google.com/vt/lyrs%3Dr%26x%3D%7Bx%7D%26y%3D%7By%7D%26z%3D%7Bz%7D>

<http://www.google.cn/maps/vt?lyrs%3Ds@189%26gl%3Dcn%26x%3D%7Bx%7D%26y%3D%7By%7D%26z%3D%7Bz%7D>

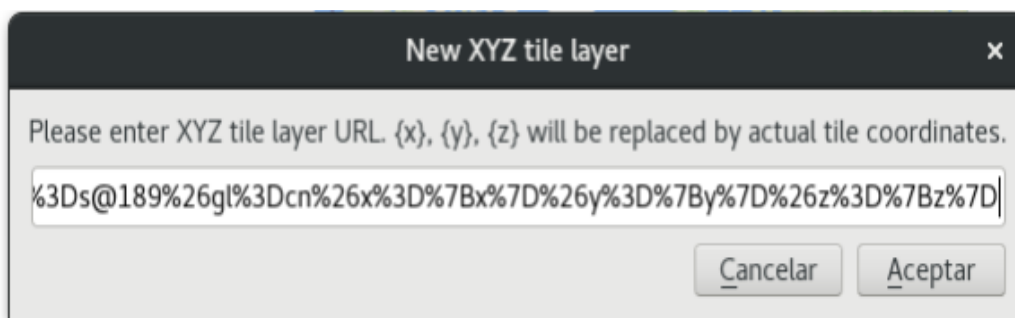


Figura 72. XYZ Tile Layer

Fuente: Autoría

- A continuación, se observan los mapas agregados (Figura 73).

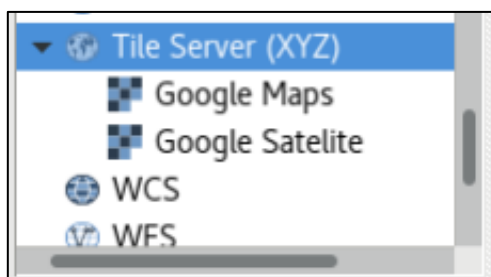


Figura 73. Mapas

Fuente: Autoría

- Doble clic en cada mapa para agregarlos al panel de capas (Figura 74).

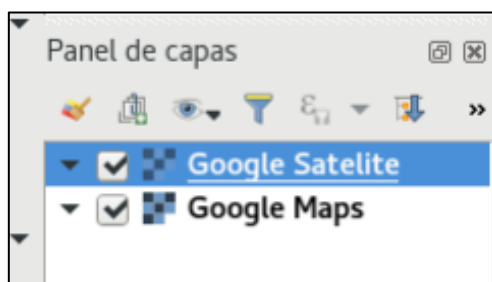


Figura 74. Panel de capas

Fuente: Autoría

Crear una nueva capa

- Clic en capa --- Crear Capa --- Nueva capa de archivo shape (Figura 75).

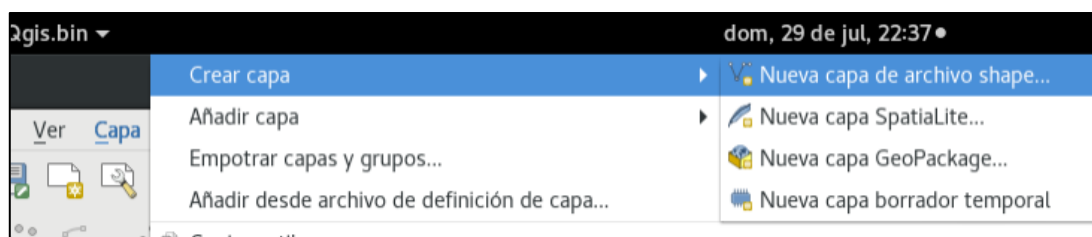


Figura 75. Nueva capa de archivo shape

Fuente: Autoría

- Seleccionar el Tipo: Punto Para agregar los vértices y Aceptar (Figura 76).

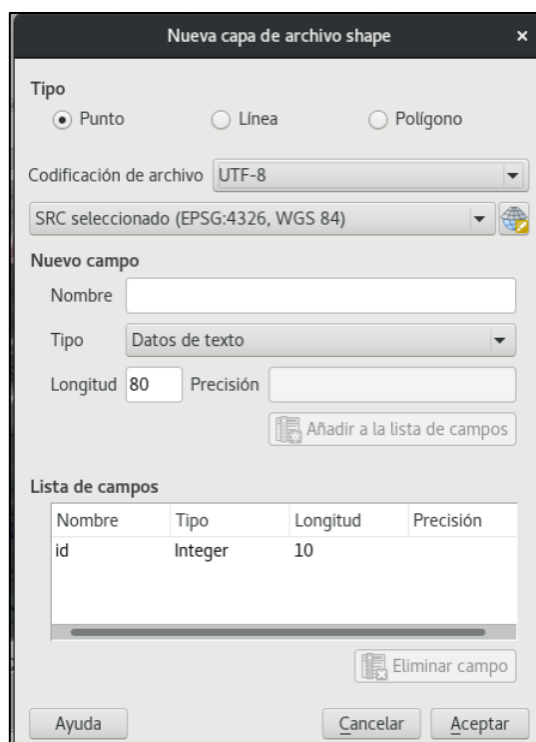


Figura 76. Seleccionar tipo: Punto
Fuente: Autoría

- Escribir el nombre de la capa --- Guardar (Figura 77).

Se agregará automáticamente la nueva capa en el panel de capas.

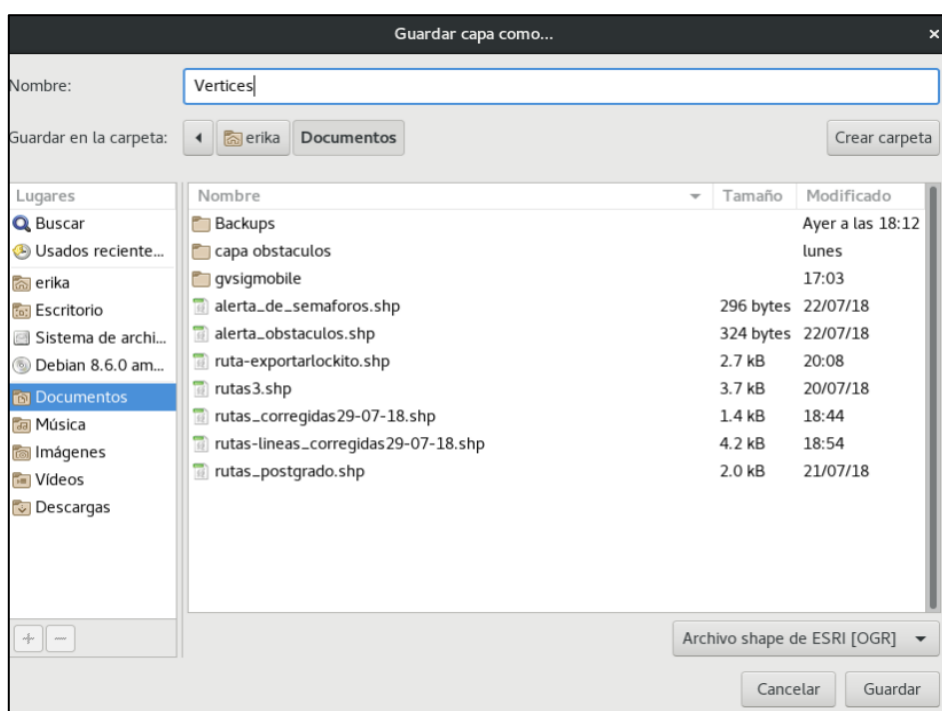


Figura 77. Nombre de la capa.
Fuente: Autoría

Agregar vértices

- Clic derecho --- Conmutar edición (Figura 78)

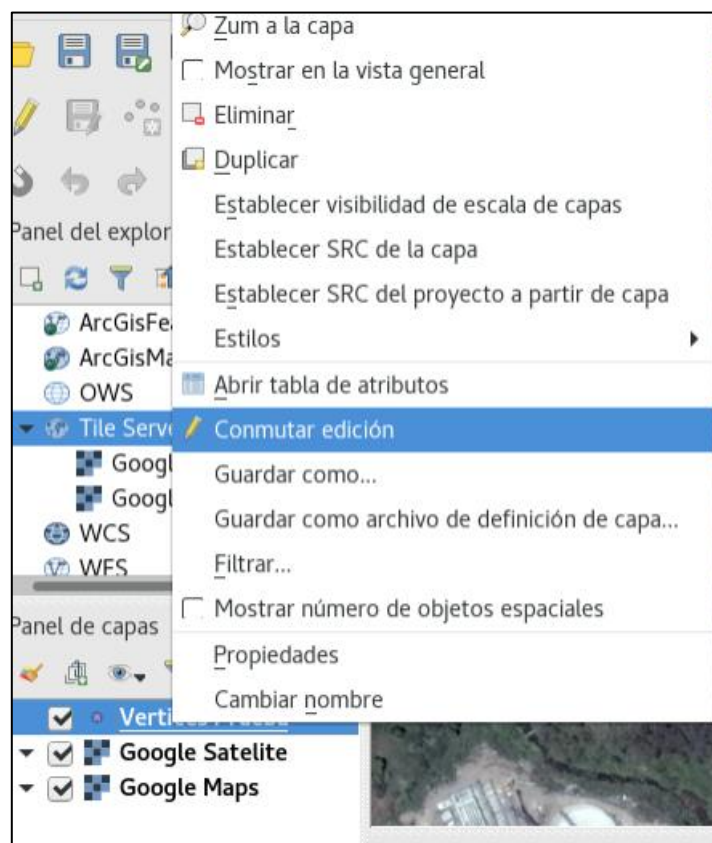


Figura 78. Conmutación de edición

Fuente: Autoría

- Clic izquierdo en el botón Añadir objeto espacial (Figura 79).

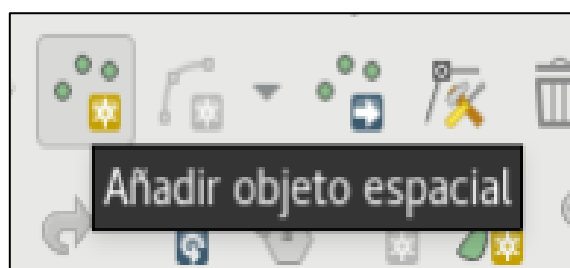


Figura 79. Botón: Añadir objeto espacial

Fuente: Autoría

Clic en el mapa para agregar un punto --- Agregar ID ---- Aceptar (Figura 80).

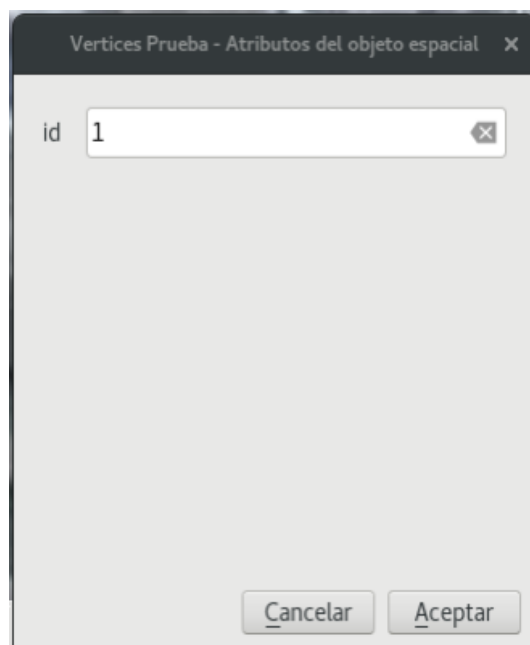


Figura 80 Atributos del objeto espacial
Fuente: Autoría

- Agregar el resto de los vértices (Figura 81).



Figura 81. Vértices
Fuente: Autoría

Agregar Líneas

Para crear las líneas hay que unir los vértices.

- Clic en capa --- Crear una Nueva capa de archivo shape.
- Seleccionar Tipo: línea y aceptar (Figura 82).

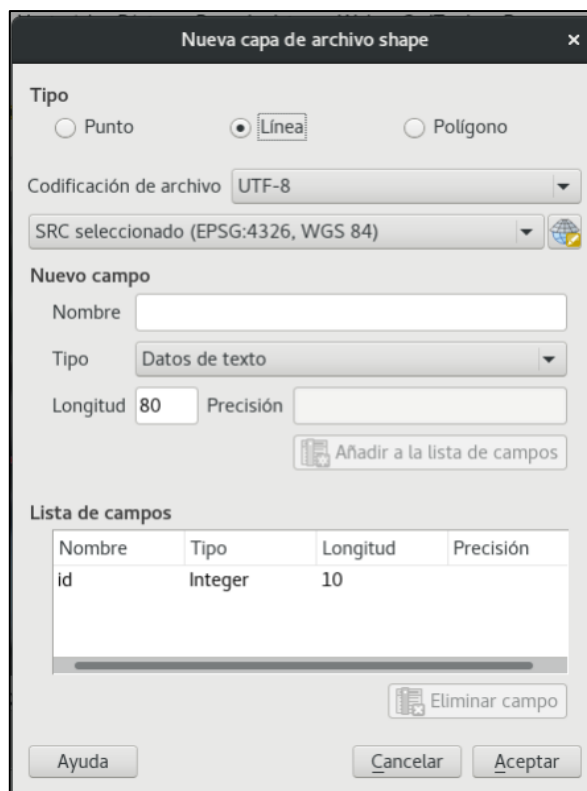


Figura 82. Seleccionar Tipo: Línea
Fuente: Autoría

- Clic derecho en la nueva capa --- Conmutar edición.
- Clic en Añadir objeto espacial (Figura 83).

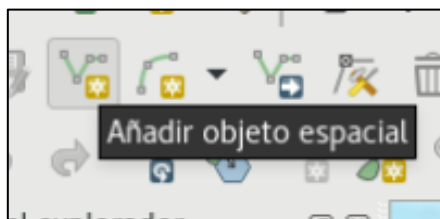


Figura 83. Añadir objeto espacial
Fuente: Autoría

- Unir los puntos (Figura 84).



Figura 84. Creación de líneas
Fuente: Autoría

Ruta terminada (Figura 85).



Figura 85. Rutas terminadas

Fuente: Autoría

En caso de necesitar agregar más vértices y líneas se realiza el mismo proceso explicado anteriormente cargando la ruta ya creada.

Agregar la ruta a la base de datos

- Clic en base de datos --- Administrador de BBDD (Figura 86).

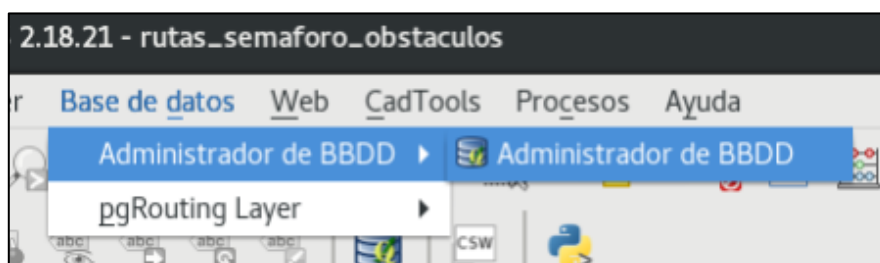


Figura 86. Administrador de BBDD

Fuente: Autoría

- Seleccionar la base de datos --- Clic en importar (Figuras 87 y 88).

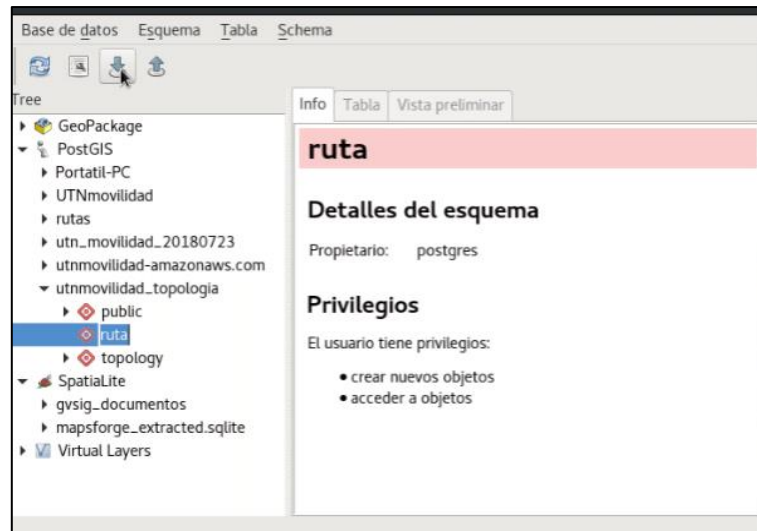


Figura 87. Selección de la base de datos

Fuente: Autoría

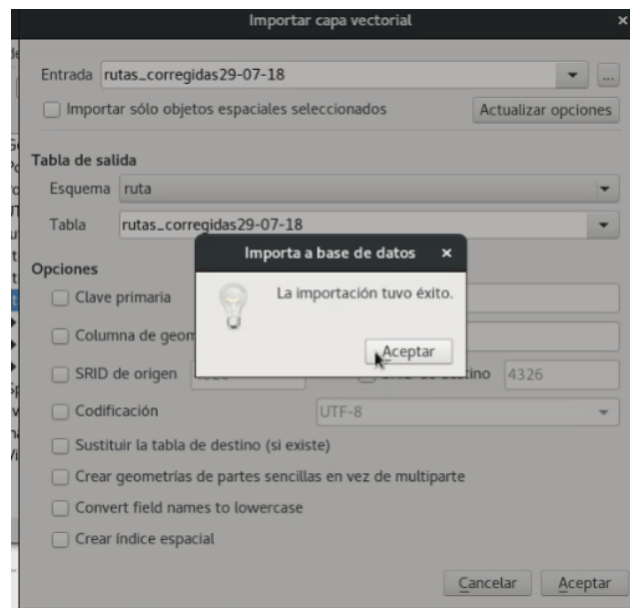


Figura 88. Importación

Fuente: Autoría

- Refrescar las tablas en la base de datos (Figura 89).

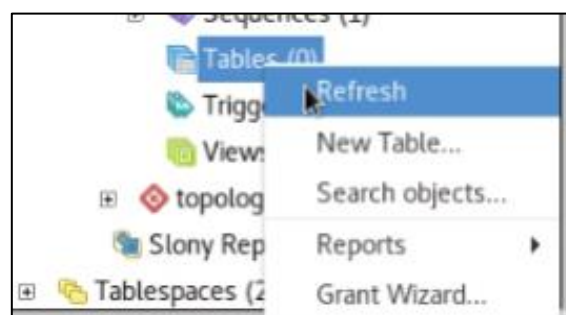


Figura 89. Refrescar tablas

Fuente: Autoría

- Ejecutar el siguiente comando en la base de datos para generar la topología (Figura 90).

```
select pgr_createTopology('ruta.linea_ruta', 0.00000001, 'geom', 'id');
```

Figura 90. Comando para generar la topología
Fuente: Autoría

- Clic en la tabla para mostrar la topología generada (Figura 91).

id	geom	cost	target	source	re
1	0105000020E61000000100000001020000002000000011A969178753C00B88278B990D63F7079AC19198753C090F9804067D2D63F	0	2	1	0
2	0105000020E610000001000000010200000020000007079AC19198753C090F9804067D2D63FE65B1FD6188753C074B2D47ABFD1D63F	0	3	2	0
3	0105000020E61000000100000001020000002000000E65B1FD6188753C074B2D47ABFD1D63FA9C1340C1F8753C00B88278B990D63F	0	4	3	0
4	0105000020E61000000100000001020000002000000A9C1340C1F8753C00B88278B990D63F84838D89218753C0469A780778D2D63F	0	5	4	0
5	0105000020E6100000010000000102000000200000084838D89218753C0469A780778D2D63F8369183E228753C00EDC813AE50D63F	0	6	5	0
6	0105000020E610000001000000010200000020000008369183E228753C00EDC813AE50D63FCC63CDC8208753C074081C0934D8D63F	0	7	6	0
7	0105000020E61000000100000001020000002000000CC63CDC8208753C074081C0934D8D63F8369183E228753C00EDC813AE50D63F	0	8	7	0
8	0105000020E610000001000000010200000020000008369183E228753C00EDC813AE50D63FCC63CDC8208753C074081C0934D8D63F	0	9	8	0
9	0105000020E6100000010000000102000000200000047E9D2BF248753C0FA60191BBAD9D63FEED11BEE238753C00B6476FB88FDCD63F	0	10	9	0
10	0105000020E61000000100000001020000002000000EED11BEE238753C00B6476FB88FDCD63F986148F3238753C00AEC4173E3D0D63F	0	11	10	0
11	0105000020E61000000100000001020000002000000986148F3238753C00AEC4173E3D0D63FE223624A248753C00B05758703FE0D63F	0	12	11	0
12	0105000020E61000000100000001020000002000000E223624A248753C00B05758703FE0D63F99770E82D1E8753C0E945ED7E15E0D63F	0	13	12	0
13	0105000020E610000001000000010200000020000009770E82D1E8753C0E945ED7E15E0D63F6B5C49FC1A8753C00CB732974AE0D63F	0	14	13	0
14	0105000020E610000001000000010200000020000006B5C49FC1A8753C00CB732974AE0D63F6B5C49FC1A8753C00B60D142BCDFD63F	0	15	14	0
15	0105000020E6100000010000000102000000200000083C79DE1A8753C00B60D142BCDFD63F5F420587178753C0E4DA5031CEDFD63F	0	16	15	0
16	0105000020E610000001000000010200000020000005F420587178753C0E4DA5031CEDFD63F7784D382178753C030F0DC78B8E4D63F	0	17	16	0
17	0105000020E610000001000000010200000020000007784D382178753C030F0DC78B8E4D63F4211848178753C0F1660DDE57E5D63F	0	18	17	0
18	0105000020E61000000100000001020000002000000C4211848178753C0F1660DDE57E5D63F578598061A8753C00377E9EC45E5D63F	0	19	18	0
19	0105000020E61000000100000001020000002000000578598061A8753C00377E9EC45E5D63F1B53456B1A8753C00C667E818E5D63F	0	20	19	0
20	0105000020E610000001000000010200000020000001B53456B1A8753C00C667E818E5D63F378FA37E1D8753C0080E3D9810E5D63F	0	21	20	0
21	0105000020E61000000100000001020000002000000378FA37E1D8753C0080E3D9810E5D63F35EA218753CA7E8AFC0A8E5D63F	0	22	21	0

Figura 91. Coordenadas de las rutas
Fuente: Autoría

Agregar destinos en la base de datos (PostgreSQL)

- Seleccionar la tabla lugares (Figura 92).

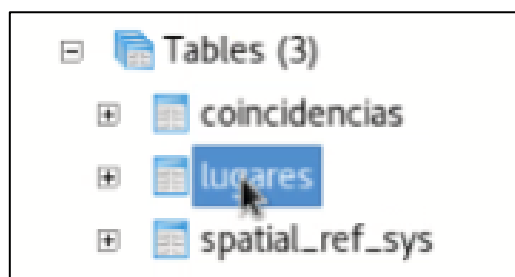


Figura 92. Tabla lugares
Fuente: Autoría

- Abrir la tabla y agregar destino, se guardará automáticamente (Figura 93).

	id [PK] serial	nombre character varying(200)	id_vertices integer
1	1	Entrada Principal	48
2	2	Edificio Central	30
3	3	facultad de educacion ciencia y tecnologia	15
4	4	Auditorio Agustín Cueva	11
5	5	Comedor Universitario	4
6	6	facultad de ciencias administrativas y económicas	1
7	7	Edificio de Postgrado	29
8	8	Facultad de ingeniería en ciencias aplicadas	38
9	9	Biblioteca General	39
10	10	Facultad de ingeniería en ciencias ambientales	40
11	11	Bienestar Universitario	44
12	12	Estacionamiento	34
*			

Figura 93. Tabla destinos

Fuente: Autoría

De la misma forma se agrega información en la tabla Coincidencias, que es usada para posibles variaciones al momento de que se compare la información en la base de datos y lo mencionado por el usuario por con comandos de voz.

ANEXO 11: Manual de usuario.

El manual de usuario se encuentra en la aplicación-cliente por lectura de texto para usuarios con discapacidad visual y dice lo siguiente:

- Puede detener este mensaje en cualquier momento, solo presione la pantalla.
- Para movilizarse presione la pantalla, espere un sonido y diga su destino o la palabra información para que se desplieguen los nombres de los edificios.
- Empiece a caminar, si se está alejando de su destino se emitirá una alerta para que cambie su dirección. En el trayecto van a existir veredas, gradas, cruces de vehículos y otros obstáculos de los cuales usted va a ser alertado.
- Si desea cambiar de destino vuelva a presionar la pantalla. Cada que presione la pantalla puede seleccionar un nuevo destino.

Recomendaciones

- Si desea buscar un departamento puede decir el nombre y la aplicación cliente lo guiará al edificio donde se encuentre el departamento solicitado, siempre y cuando éste exista en el registro.
- Usted debe encontrarse en una ruta válida y empezar a caminar.
- Se le notificará de los giros u obstáculos diciendo: En aproximadamente y la distancia en metros.
- Esta aplicación sirve específicamente para orientación y no reemplaza a herramientas para detección de obstáculos.
- Utilice las paredes y borde como guía.
- Si se encuentra en un borde y aun no recibe la orden espere unos segundos hasta que se emita la orden.
- Para el uso de la brújula hay un margen de error menor de 25 grados, como por ejemplo. Gire aproximadamente 20 grados a la izquierda avance de frente.

ANEXO 12: Código de la base de datos (PostgreSQL).**Generar Tablas**

```
-- Table: ruta.linea_ruta
-- DROP TABLE ruta.linea_ruta;
CREATE TABLE ruta.linea_ruta
(
  id bigint NOT NULL,
  geom geometry(MultiLineString,4326),
  cost double precision,
  reverse_cost double precision,
  source integer,
  target integer,
  CONSTRAINT linea_ruta_pkey PRIMARY KEY (id)
)
```

```
CREATE TABLE ruta.linea_ruta_vertices_pgr
(
  id bigserial NOT NULL,
  cnt integer,
  chk integer,
  ein integer,
  eout integer,
  the_geom geometry(Point,4326),
  alerta character varying(200),
  grupo character varying(10),
  CONSTRAINT linea_ruta_vertices_pgr_pkey PRIMARY KEY (id)
)
```

Calcular el algoritmo dijkstra en los puntos y retornar las columnas como JSON

```
SELECT seq, id1 , id2 , cost, ST_AsGeoJSON(the_geom) AS VARCHAR
FROM pgr_dijkstra
(
  'SELECT id::integer, source::integer, target::integer, cost::double
precision,reverse_cost::double precision FROM ruta.linea_ruta',
  13, 11, false, true
)
INNER JOIN ruta.linea_ruta_vertices_pgr ON ruta.linea_ruta_vertices_pgr.id=id1
```

Crear los vértices

```
select pgr_createTopology('ruta.linea_ruta', 0.000000001, 'geom', 'id');
```


ANEXO 13: Código de la aplicación-servidor realizada en Spring Tool Suite (STS).

Clase principal que inicia la aplicación

```

package com.utnmovilidad;
import org.springframework.boot.SpringApplication;
import org.springframework.boot.autoconfigure.EnableAutoConfiguration;
import org.springframework.boot.autoconfigure.SpringBootApplication;
import org.springframework.boot.autoconfigure.domain.EntityScan;
import org.springframework.context.annotation.ComponentScan;
import org.springframework.data.jpa.repository.config.EnableJpaRepositories;
import org.springframework.transaction.annotation.EnableTransactionManagement;

@SpringBootApplication
@EntityScan(basePackages = { "com.utnmovilidad.model" })
@EnableJpaRepositories(basePackages = "com.utnmovilidad.modules.*.repository")
@ComponentScan(basePackages = { "com.utnmovilidad.config",
"com.utnmovilidad.modules.*.controller",
"com.utnmovilidad.modules.*.service" })
@EnableAutoConfiguration
@EnableTransactionManagement

public class UtnMovilidadAplicacion {
public static void main(String[] args) {
    SpringApplication.run(UtnMovilidadAplicacion.class, args);
}
}

```

Entidades de la base de datos escritas con JPA para manipular los datos

```

package com.utnmovilidad.model;
import java.io.Serializable;
import javax.persistence.Column;
import javax.persistence.Entity;
import javax.persistence.GeneratedValue;
import javax.persistence.GenerationType;
import javax.persistence.Id;
import javax.persistence.NamedQuery;
import javax.persistence.Table;
import com.vividsolutions.jts.geom.Geometry;

/**
 * The persistent class for the linea_ruta database table.
 *
 */
@Entity
@Table(name="linea_ruta",schema="ruta")
@NamedQuery(name="LineaRuta.findAll", query="SELECT l FROM LineaRuta l")
public class LineaRuta implements Serializable {
private static final long serialVersionUID = 1L;

```

```
@Id
@GeneratedValue(strategy=GenerationType.IDENTITY)
private Long id;
private double cost;

@Column(columnDefinition="geometry(MultiLineString,4326)")
private Geometry geom;

@Column(name="reverse_cost")
private double reverseCost;
private Integer source;
private Integer target;

public LineaRuta() {
}
public Long getId() {
    return this.id;
}
public void setId(Long id) {
    this.id = id;
}
public double getCost() {
    return this.cost;
}
public void setCost(double cost) {
    this.cost = cost;
}
public Geometry getGeom() {
    return this.geom;
}
public void setGeom(Geometry geom) {
    this.geom = geom;
}
public double getReverseCost() {
    return this.reverseCost;
}
public void setReverseCost(double reverseCost) {
    this.reverseCost = reverseCost;
}
public Integer getSource() {
    return this.source;
}
public void setSource(Integer source) {
    this.source = source;
}
public Integer getTarget() {
    return this.target;
}
public void setTarget(Integer target) {
    this.target = target;
}
```

```

    }
}

```

Entidad de las ubicaciones para trazar las rutas

```

linea_ruta_vertices_pgr
package com.utnmovilidad.model;

import java.io.Serializable;
import javax.persistence.Column;
import javax.persistence.Entity;
import javax.persistence.Id;
import javax.persistence.NamedQuery;
import javax.persistence.Table;
import com.vividsolutions.jts.geom.Geometry;

/**
 * The persistent class for the linea_ruta_vertices_pgr database table.
 *
 */
@Entity
@Table(name="linea_ruta_vertices_pgr",schema="ruta")
@NamedQuery(name="LineaRutaVerticesPgr.findAll", query="SELECT l FROM LineaRutaVerticesPgr l")
public class LineaRutaVerticesPgr implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    @Id
    private Long id;
    private Integer chk;
    private Integer cnt;
    private Integer ein;
    private Integer eout;
    private String grupo;
    private String alerta;

    @Column(name="the_geom",columnDefinition="geometry(Point,4326)")
    private Geometry theGeom;

    public LineaRutaVerticesPgr() {
    }
    public Long getId() {
        return this.id;
    }
    public void setId(Long id) {
        this.id = id;
    }
    public Integer getChk() {
        return this.chk;
    }
}

```

```

public void setChk(Integer chk) {
    this.chk = chk;
}
public Integer getCnt() {
    return this.cnt;
}
public void setCnt(Integer cnt) {
    this.cnt = cnt;
}
public Integer getEin() {
    return this.ein;
}
public void setEin(Integer ein) {
    this.ein = ein;
}
public Integer getEout() {
    return this.eout;
}
public void setEout(Integer eout) {
    this.eout = eout;
}
public Geometry getTheGeom() {
    return this.theGeom;
}
public void setTheGeom(Geometry theGeom) {
    this.theGeom = theGeom;
}
public String getGrupo() {
    return grupo;
}
public void setGrupo(String grupo) {
    this.grupo = grupo;
}
public String getAlerta() {
    return alerta;
}
public void setAlerta(String alerta) {
    this.alerta = alerta;
}
}

```

Cálculo del ángulo entre dos rectas

```

package com.utnmovilidad.modules.rutas.service;
import org.springframework.stereotype.Service;
import com.utnmovilidad.modules.rutas.dto.Point;

```

```

@Service
public class Angulo {

```

```

static int chars = 20;

public double angulo(Point dos, Point uno, Point tres) {

    // trasladamos al origen de coordenadas los tres puntos
    Point pi = new Point(dos.getX() - (uno.getX()), dos.getY() - uno.getY());
    Point pj = new Point(tres.getX() - (uno.getX()), tres.getY() - uno.getY());

    // calculamos su angulo de coordenada polar
    double ang_pi = Math.atan2(pi.getX(), pi.getY());
    double ang_pj = Math.atan2(pj.getX(), pj.getY());

    // hallamos la diferencia
    double ang = ang_pj - ang_pi;

    // Si el angulo es negativo le sumamos 2PI para obtener el
    // angulo en el intervalo [0-2PI];
    // siempre obtenemos ángulos positivos (en sentido antihorario)
    if (ang < 0.0)
        return (ang + (2.0 * Math.PI)) / (Math.PI / 180);
    else
        return ang / (Math.PI / 180);
    }
    // fin angulo
}

```

Obtener la línea cercana (Para obtener los puntos para la coordenada inicial)

```

package com.utnmovilidad.modules.rutas.repository;
import java.util.List;
import org.springframework.data.jpa.repository.JpaRepository;
import org.springframework.data.jpa.repository.Query;
import org.springframework.data.repository.query.Param;
import com.utnmovilidad.model.LineaRuta;

public interface LineaRutaRepository extends JpaRepository<LineaRuta, Integer> {

    // @Query(value = "SELECT id,target,source FROM ruta.linea_ruta "
    // + "WHERE
    //
    ST_DWithin(geom,ST_SetSRID(ST_MakePoint(:longitud,:latitud),4326),0.00001)",
    // nativeQuery = true)
    @Query(value = "SELECT id,target,source FROM ruta.linea_ruta "
    + "WHERE
    ST_DWithin(geom,ST_SetSRID(ST_MakePoint(:longitud,:latitud),4326),0.00012) "
    + "ORDER BY ST_Distance (geom,
    ST_SetSRID(ST_MakePoint(:longitud,:latitud),4326)) ASC", nativeQuery = true)
    public List<Object[]> getLineaCercana(@Param("longitud") double longitud,
    @Param("latitud") double latitud);
}

```

Obtener los puntos de la ruta

```

package com.utnmovilidad.modules.rutas.repository;
import java.util.List;
import org.springframework.data.jpa.repository.JpaRepository;
import org.springframework.data.jpa.repository.Query;
import org.springframework.data.repository.query.Param;
import com.utnmovilidad.model.LineaRutaVerticesPgr;

public interface LineaRutaVerticesPgrRepository extends
JpaRepository<LineaRutaVerticesPgr, Long> {

    @Query(value = "SELECT seq, id1 , id2 , cost, ST_AsGeoJSON(the_geom) AS
geom, grupo,alerta FROM pgr_dijkstra( "
+ "          'SELECT id::integer, source::integer, target::integer, cost::double
precision,reverse_cost::double precision FROM ruta.linea_ruta', "
+ "          :puntoInicio, :puntoFinal, false, true "
+ "          ) INNER JOIN ruta.linea_ruta_vertices_pgr ON
ruta.linea_ruta_vertices_pgr.id=id1 ", nativeQuery = true)
    public List<Object[]> getPuntosRuta(@Param("puntoInicio") Integer puntoInicio,
        @Param("puntoFinal") Integer puntoFinal);
}

```

dto

mapear temporalmente las lineas cercanas (gps y acercarce)

```

package com.utnmovilidad.modules.rutas.dto;

```

```

import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonCreator;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonGetter;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonProperty;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonSetter;

```

```

public class LineaCercana {

```

```

    @JsonProperty("id")
    private Integer id;

```

```

    @JsonProperty("target")
    private Integer target;

```

```

    @JsonProperty("source")
    private Integer source;

```

```

    @JsonCreator
    public LineaCercana(@JsonProperty("id") Integer id, @JsonProperty("target")
Integer target,
        @JsonProperty("source") Integer source) {
        super();
        this.id = id;
        this.target = target;
    }

```

```

        this.source = source;
    }

    public LineaCercana(Object id, Object target, Object source) {
        this.id = Integer.parseInt(id.toString());
        this.target = Integer.parseInt(target.toString());
        this.source = Integer.parseInt(source.toString());
    }

    @JsonGetter
    public Integer getId() {
        return id;
    }

    @JsonSetter
    public void setId(Integer id) {
        this.id = id;
    }

    @JsonGetter
    public Integer getTarget() {
        return target;
    }

    @JsonSetter
    public void setTarget(Integer target) {
        this.target = target;
    }

    @JsonGetter
    public Integer getSource() {
        return source;
    }

    @JsonSetter
    public void setSource(Integer source) {
        this.source = source;
    }
}

```

Objeto temporal para obtener los puntos de la ruta y agregar las órdenes para el usuario (izquierda, derecha, semáforos y obstáculos)

```

package com.utnmovilidad.modules.rutas.dto;
import java.io.IOException;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonCreator;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonGetter;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonIgnoreProperties;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonInclude;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonInclude.Include;

```

```

import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonProperty;
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonSetter;
import com.fasterxml.jackson.databind.JsonNode;
import com.fasterxml.jackson.databind.ObjectMapper;

@JsonIgnoreProperties(ignoreUnknown = true)
@JsonInclude(Include.NON_NULL)
public class PuntoRuta {

    @JsonProperty("seq")
    private Integer seq;

    @JsonProperty("id1")
    private Integer id1;

    @JsonProperty("id2")
    private Integer id2;

    @JsonProperty("cost")
    private double cost;

    @JsonProperty("orden")
    private String orden;

    // @Type(type="org.hibernate.spatial.GeometryUserType")
    // @Type(type = "geometry(Point,4326)")
    // @Column(name="geom",columnDefinition="geometry(Point,4326)")
    @JsonProperty("geom")
    // @Column(name = "geometry", columnDefinition="Geometry", nullable = true)
    private JsonNode geom;
    private String grupo;
    private String alerta;

    @JsonCreator
    public PuntoRuta(@JsonProperty("seq") Integer seq, @JsonProperty("id1") Integer
id1,
        @JsonProperty("id2") Integer id2, @JsonProperty("cost") double cost,
@JsonProperty("geom") JsonNode geom) {
        this.seq = seq;
        this.id1 = id1;
        this.id2 = id2;
        this.cost = cost;
        this.geom = geom;
    }

    public PuntoRuta(Object seq, Object id1, Object id2, Object cost, Object geom,
Object grupo, Object alerta) {
        this.seq = Integer.parseInt(seq.toString());
        this.id1 = Integer.parseInt(id1.toString());
        this.id2 = Integer.parseInt(id2.toString());
    }
}

```



```
this.cost = Double.parseDouble(cost.toString());
ObjectMapper mapper = new ObjectMapper();
try {
    this.geom = mapper.readTree(geom.toString());
} catch (IOException e) {
    // TODO Auto-generated catch block
    e.printStackTrace();
}
if (grupo != null)
    this.grupo = grupo.toString();
if (alerta != null)
    this.alerta = alerta.toString();
}
```

```
@JsonGetter
public Integer getSeq() {
    return seq;
}
```

```
@JsonSetter
public void setSeq(Integer seq) {
    this.seq = seq;
}
```

```
@JsonGetter
public Integer getId1() {
    return id1;
}
```

```
@JsonSetter
public void setId1(Integer id1) {
    this.id1 = id1;
}
```

```
@JsonGetter
public Integer getId2() {
    return id2;
}
```

```
@JsonSetter
public void setId2(Integer id2) {
    this.id2 = id2;
}
```

```
@JsonGetter
public double getCost() {
    return cost;
}
```

```
@JsonSetter
```

```
public void setCost(double cost) {
    this.cost = cost;
}

@JsonGetter
public JsonNode getGeom() {
    return geom;
}

@JsonSetter
public void setGeom(JsonNode geom) {
    this.geom = geom;
}

@JsonGetter
public String getOrden() {
    return orden;
}

@JsonSetter
public void setOrden(String orden) {
    this.orden = orden;
}

@JsonGetter
public String getGrupo() {
    return grupo;
}

@JsonSetter
public void setGrupo(String grupo) {
    this.grupo = grupo;
}

@JsonGetter
public String getAlerta() {
    return alerta;
}

@JsonSetter
public void setAlerta(String alerta) {
    this.alerta = alerta;
}
}
```

Buscar línea cercana para que pueda ser consumida desde el teléfono

```
package com.utnmovilidad.modules.rutas.controller;
import java.util.ArrayList;
```

```

import java.util.List;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.http.MediaType;
import org.springframework.web.bind.annotation.PathVariable;
import org.springframework.web.bind.annotation.RequestMapping;
import org.springframework.web.bind.annotation.RequestMethod;
import org.springframework.web.bind.annotation.RestController;
import com.utnmovilidad.model.LineaRuta;
import com.utnmovilidad.modules.rutas.dto.LineaCercana;
import com.utnmovilidad.modules.rutas.repository.LineaRutaRepository;

@RestController
@RequestMapping(value = "api/linea-ruta")
public class LineaRutaController {

    @Autowired
    private LineaRutaRepository lineaRutaRepository;

    @RequestMapping(method = RequestMethod.GET, produces =
    MediaType.APPLICATION_JSON_VALUE)
    public List<LineaRuta> getLugares() {
        return this.lineaRutaRepository.findAll();
    }

    @RequestMapping(value = "buscar-linea/{longitud}/{latitud}", method =
    RequestMethod.GET, produces = MediaType.APPLICATION_JSON_VALUE)
    public List<LineaCercana> getLineaCercana(@PathVariable(value = "longitud")
    double longitud,
        @PathVariable(value = "latitud") double latitud) {
        List<Object[]> linea = this.lineaRutaRepository.getLineaCercana(longitud,
    latitud);
        List<LineaCercana> lineaCercana = new ArrayList<LineaCercana>();

        for (Object[] objects : linea) {
            LineaCercana puntoRuta = new LineaCercana(objects[0], objects[1],
    objects[2]);
            lineaCercana.add(puntoRuta);
        }
        return lineaCercana;
    }
}

```

Realiza todo el cálculo de la ruta y ejecuta las órdenes.

```

package com.utnmovilidad.modules.rutas.controller;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.http.MediaType;
import org.springframework.web.bind.annotation.CrossOrigin;

```

```

import org.springframework.web.bind.annotation.PathVariable;
import org.springframework.web.bind.annotation.RequestMapping;
import org.springframework.web.bind.annotation.RequestMethod;
import org.springframework.web.bind.annotation.RestController;
import com.fasterxml.jackson.databind.JsonNode;
import com.utmovilidad.model.LineaRutaVerticesPgr;
import com.utmovilidad.modules.rutas.dto.LineaCercana;
import com.utmovilidad.modules.rutas.dto.Point;
import com.utmovilidad.modules.rutas.dto.PuntoRuta;
import com.utmovilidad.modules.rutas.repository.LineaRutaRepository;
import com.utmovilidad.modules.rutas.repository.LineaRutaVerticesPgrRepository;
import com.utmovilidad.modules.rutas.service.Angulo;

```

```
@CrossOrigin(origins = "*", allowedHeaders = "*")
```

```
@RestController
```

```
@RequestMapping(value = "api/linea-ruta-vertices")
```

```
public class LineaRutaVerticesPgrController {
```

```
    @Autowired
```

```
    private LineaRutaVerticesPgrRepository lineaRutaVerticesPgrRepository;
```

```
    @Autowired
```

```
    private LineaRutaRepository lineaRutaRepository;
```

```
    @Autowired
```

```
    private Angulo angulo;
```

```
    @RequestMapping(method = RequestMethod.GET, produces =
    MediaType.APPLICATION_JSON_VALUE)
```

```
    public List<LineaRutaVerticesPgr> getVertices() {
        return this.lineaRutaVerticesPgrRepository.findAll();
    }

```

```
    @RequestMapping(value = "buscar-ruta/{puntoInicio}/{puntoFinal}", method =
    RequestMethod.GET, produces = MediaType.APPLICATION_JSON_VALUE)
```

```
    public List<PuntoRuta> getRutaPorPuntos(@PathVariable(value = "puntoInicio")
    Integer puntoInicio,
```

```
        @PathVariable(value = "puntoFinal") Integer puntoFinal) {
        List<Object[]> rutasPuntos =
        this.lineaRutaVerticesPgrRepository.getPuntosRuta(puntoInicio, puntoFinal);
        List<PuntoRuta> puntosRutaRespuesta = new ArrayList<PuntoRuta>();

```

```
        for (Object[] objects : rutasPuntos) {
            PuntoRuta puntoRuta = new PuntoRuta(objects[0], objects[1], objects[2],
            objects[3], objects[4], objects[5],
                objects[6]);
            puntoRuta.setOrden(puntoRuta.getAlerta());
            puntosRutaRespuesta.add(puntoRuta);
        }
    }

```

```

this.validateNotEmpty(rutasPuntos);

List<Point> puntos = new ArrayList<>();
for (int j = 0; j < puntosRutaRespuesta.size(); j++) {

    JsonNode arrNode =
puntosRutaRespuesta.get(j).getGeom().path("coordinates");
    double[] pointValues = new double[2];
    int i = 0;

    for (JsonNode jsonNode : arrNode) {
        pointValues[i++] = jsonNode.doubleValue();
    }

    Point point = new Point(pointValues[0], pointValues[1]);
    puntos.add(point);

    if (puntos.size() == 3) {
        j -= 2;

        double anguloGrados = this.angulo.angulo(puntos.get(0), puntos.get(1),
puntos.get(2));
        String orden = this.getMensajeAngulos(anguloGrados);

        if (puntosRutaRespuesta.get(j + 1).getAlerta() != null) {
            orden += ", " + puntosRutaRespuesta.get(j + 1).getAlerta();
        }
        puntosRutaRespuesta.get(j + 1).setOrden(orden);
        puntos = new ArrayList<>();
    }

    if (j == puntosRutaRespuesta.size() - 1) {
        String orden = " llega a su destino" + ", " +
puntosRutaRespuesta.get(j).getAlerta() != null
            ? puntosRutaRespuesta.get(j).getAlerta()
            : "";
        puntosRutaRespuesta.get(j).setOrden(orden);
    }
}

return puntosRutaRespuesta;
}

private String getMensajeAngulos(double anguloGrados) {
    String orden = "";
    if (anguloGrados < 165) {
        orden = "gire a la izquierda";
    } else if (anguloGrados > 195) {
        orden = " gire a la derecha";
    }
}

```

```

    return orden;
}

private void validateNotEmpty(List<Object[]> rutasPuntos) {
    if (rutasPuntos.size() == 0)
        try {
            throw new IllegalAccessException();
        } catch (IllegalAccessException e) {
            e.printStackTrace();
        }
}

@RequestMapping(value = "buscar-ruta/{longitud}/{latitud}/{puntoFinal}", method
= RequestMethod.GET, produces = MediaType.APPLICATION_JSON_VALUE)
public List<PuntoRuta> buscarRuta(@PathVariable(value = "longitud") double
longitud,
    @PathVariable(value = "latitud") double latitud, @PathVariable(value =
"puntoFinal") Integer puntoFinal) {
    List<LineaCercana> puntos = this.getLineaCercana(longitud, latitud);
    List<PuntoRuta> rutaDesdeInicio =
this.getRutaPorPuntos(puntos.get(0).getSource(), puntoFinal);
    List<PuntoRuta> rutaDesdeFin =
this.getRutaPorPuntos(puntos.get(0).getTarget(), puntoFinal);

    List<PuntoRuta> rutaMasLarga = rutaDesdeInicio.size() > rutaDesdeFin.size() ?
rutaDesdeInicio : rutaDesdeFin;
    return rutaMasLarga;
}

private List<LineaCercana> getLineaCercana(@PathVariable(value = "longitud")
double longitud,
    @PathVariable(value = "latitud") double latitud) {
    List<Object[]> linea = this.lineaRutaRepository.getLineaCercana(longitud,
latitud);
    List<LineaCercana> lineaCercana = new ArrayList<LineaCercana>();

    for (Object[] objects : linea) {
        LineaCercana puntoRuta = new LineaCercana(objects[0], objects[1],
objects[2]);
        lineaCercana.add(puntoRuta);
    }
    return lineaCercana;
}
}

```

ANEXO 14: Código de la aplicación-cliente realizada en Visual Studio Code

```

import { Component, OnInit } from '@angular/core';
import { NavController } from 'ionic-angular';
import { Geolocation } from '@ionic-native/geolocation';
import { TextToSpeech } from '@ionic-native/text-to-speech';
import { SpeechRecognition } from '@ionic-native/speech-recognition';
import Map from 'ol/Map';
import View from 'ol/View';
import { defaults } from 'ol/control';
import TileLayer from 'ol/layer/Tile';
import XYZ from 'ol/source/XYZ';
import { transform } from 'ol/proj';
import { fromLonLat } from 'ol/proj.js';
import VectorLayer from 'ol/layer/Vector';
import VectorSource from 'ol/source/Vector';
import Point from 'ol/geom/Point';
import Feature from 'ol/Feature';
import { RestService } from '../app/core/services/rest.service';
import { DeviceOrientation, DeviceOrientationCompassHeading } from '@ionic-native/device-orientation';
import { AzimuthProvider } from '../providers/azimuth/azimuth';

const defaultMapProjection = "EPSG:3857";
const KM_EN_METROS = 1000;
const TIMESTAMP = 1000;
declare var navigator: any;
const URL_SERVER = "http://ec2-18-222-131-174.us-east-2.compute.amazonaws.com";
// const URL_SERVER = "http://192.168.2.108:8080";
@Component({
  selector: 'page-home',
  templateUrl: 'home.html'
})

export class HomePage implements OnInit {
  public coordsList: any[] = [];
  public coordsCompass: any[] = [];
  public map: any;
  public coordenada: any = {};
  public coordenadaWatch: any = {};
  public rutaSeleccionada: any = {};
  public puntoInicio: any;
  public puntoMedio: any;
  public puntoFin: any;
  public puntoDestino: any;
  public angulo: any;
  public cantidadPuntosARecorrer: number = 0;
  public completo: boolean = false;

```

```

public coordenadaActual: any;
public lugares: any;
public distanciaAnterior: any;
public tiempoDistanciaAnterior: any;
public puntoAcualUsuario: any;
public valorBrujula: any;
public colaOrdenes: string[] = [];
public estaHablando: boolean = false;
public coordenadaTelefono: any = {};
public distanciaSiguientePunto: any = 0;

```

```

constructor(
public navCtrl: NavController,
private geolocation: Geolocation,
private speechRecognition: SpeechRecognition,
// private backgroundGeolocation: BackgroundGeolocation,
private restService: RestService,
private tts: TextToSpeech,
private deviceOrientation: DeviceOrientation,
private azimuth: AzimuthProvider) {
}

```

```

i = 1
myTimer(self) {
if (!this.estaHablando) {
this.leerR()
console.log("orden", this.i++)
}
if (this.i % 12 == 0) {
this.AudioAlerta();
}
}
}

```

```

leerR() {
if (this.colaOrdenes.length == 0)
return;

```

```

let opciones1: any = { "text": this.colaOrdenes.shift(), "locale": "es-EC", "rate": 1 }
console.log(opciones1, "papas1", this.colaOrdenes);
this.estaHablando = true
this.tts.speak(opciones1)
.then(() => {
if (this.colaOrdenes.length > 0)
this.leerR()
else
this.estaHablando = false
})
.catch((reason: any) => {
this.estaHablando = false

```



```

console.log(reason, "rsn")
});
}

```

```

ngOnInit() {
setInterval(() => {
this.myTimer(this);
}, 1000);

```

```

this.initMap();
this.lectorTexto();
this.watchL();
this.cargarLugares();
this.Brujula();
}

```

```

private initMap() {
let tileLayerOSM = new TileLayer({
source: new XYZ({
name: 'osm',
url: 'https://{a-c}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png',
crossOrigin: ""
}, { isBaseLayer: true, singleTile: true, ratio: 1 })),

```

```

});
this.map = new Map({
controls:
defaults(
{
attribution: false,
},
).extend([
]),
layers: [tileLayerOSM,],
target: 'map',
projection: defaultMapProjection,
view: new View({
center: fromLonLat([-78.11085183802403, 0.3566071720846357]),
zoom: 17
}),
});
}

```

```

lectorTexto() {
this.colaOrdenes.push("Mencione el nombre del edificio al que desea llegar, o la palabra
información para que se desplieguen los nombres de cada edificio registrado, presione
la pantalla una vez y diga su opción después del tono, también puede seleccionar la
opción manual de usuario")
}

```

```
leera(indicaciones: any, repeticiones: number) {
  console.log("repeticiones", repeticiones, indicaciones, indicaciones[repeticiones]);
```

```
let opciones1: any = { "text": indicaciones[repeticiones], "locale": "es-EC", "rate": 1 }
this.tts.speak(opciones1)
  .then(() => {
    repeticiones = repeticiones + 1;
    if (indicaciones.length > repeticiones)
      this.leera(indicaciones, repeticiones)
  })
  .catch((reason: any) => console.log(reason, "rsn"));
}
```

```
reconocervoz() {
  let options = {
    language: 'es-ES'
  }
  this.leera([""], 0);
  this.estaHablando = false
  this.speechRecognition.startListening(options)
  .subscribe(
    (matches: Array<string>) => {
      this.comparacionVozTexto(matches)
    },
    (onerror) => console.log('error:', onerror)
  )
}
```

```
private cargarLugares() {
  this.restService.get(`${URL_SERVER}/api/lugar/`).subscribe(lugar => {
    this.lugares = lugar;
```

```
});
}
comparacionVozTexto(matches: any) {
  let destinos = "";
  this.lugares.forEach(element => {
    destinos += element.nombre + ",";
  });
}
```

```
let opcionInformacion: any =
{
  nombre: "Los destinos son: " + destinos +
  "Para saber acerca de los departamentos o carreras que se encuentran en los edificios,
  diga la palabra información seguido de la palabra departamentos o el nombre de la
  facultad",
  lineaRutaVerticesPgr: {
    id: 1000
```

```

    }
  },
  coincidencias: [
    {
      palabrasIguales: "información"
    },
    {
      palabrasIguales: "informacion"
    },
    {
      palabrasIguales: "destinos"
    }
  ]
}

```

```

let InformacionDepartamentos: any =
{
  nombre: "Departamentos, talento humano, Vicerectorado, Rectorado, área de no
videntes, Odontología, consulta médica, dirección cicuit",
  lineaRutaVerticesPgr: {
    id: 1000
  },
  coincidencias: [
    {
      palabrasIguales: "información departamentos"
    },
    {
      palabrasIguales: "informacion departamentos"
    }
  ]
}

```

```

let InformacionFicaya: any =
{
  nombre: "ficaya, carreras, Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería en Agronegocios
Avalúos y Catastros, Ingeniería en Agropecuaria, Ingeniería en Recursos Naturales
Renovables, Ingeniería Forestal, Ingeniería en Biotecnología, Ingeniería en Energías
Renovables",
  lineaRutaVerticesPgr: {
    id: 1000
  },
  coincidencias: [
    {
      palabrasIguales: "información ficaya"
    },
    {
      palabrasIguales: "informacion fica ya"
    }
  ]
}

```

```

let InformacionFae: any =
{
nombre: "fae, carreras, Administración de Empresas, Contabilidad Superior y
Auditoría, Economía, Mercadotecnia, Gastronomía, Turismo, Derecho",
lineaRutaVerticesPgr: {
id: 1000
},
coincidencias: [
{
palabrasIguales: "información fae"
},
{
palabrasIguales: "informacion sae"
},
{
palabrasIguales: "informacion takahe"
},
{
palabrasIguales: "informacion acae"
},
{
palabrasIguales: "informacion acai"
},
{
palabrasIguales: "informacion hacker"
}
]
}

```

```

let InformacionFecyt: any =
{
nombre: "fecyt, carreras, Licenciatura en Psicología Educativa y O.V., Licenciatura en
Psicología General, Licenciatura en Artes Plásticas, Licenciatura en Diseño y
Publicidad, Licenciatura en Diseño Gráfico, Licenciatura en Gestión y Desarrollo
Social, Licenciatura en Relaciones Públicas, Licenciatura en Secretariado Ejecutivo en
Español, Licenciatura en Inglés, Licenciatura en Parvularia, Licenciatura en
Entrenamiento Deportivo, Licenciatura en Educación General Básica, Licenciatura en
Física y Matemática",
lineaRutaVerticesPgr: {
id: 1000
},
coincidencias: [
{
palabrasIguales: "información fecyt"
},
{
palabrasIguales: "informacion fecit"
}
]
}

```

```

]
}

```

```

let InformacionFica: any =

```

```

{
nombre: "fica, carreras, Telecomunicaciones, Software, Mecatrónica, Ingeniería
Industrial, Textiles, Ingeniería Automotriz, Electricidad",

```

```

lineaRutaVerticesPgr: {

```

```

id: 1000

```

```

}

```

```

coincidencias: [

```

```

{

```

```

palabrasIguales: "información fica"

```

```

}

```

```

{

```

```

palabrasIguales: "informacion pika"

```

```

}

```

```

{

```

```

palabrasIguales: "informacion sica"

```

```

}

```

```

]
}

```

```

let manualUsuario: any =

```

```

{

```

```

nombre: `Puede detener este mensaje en cualquier momento, solo presione la pantalla.
Para movilizarse presione la pantalla, espere un sonido y diga su destino o la palabra
información para que se desplieguen los nombres de los edificios.

```

```

Espere las indicaciones y empiece a caminar, si se está alejando de su destino se emitirá
una alerta para que cambie su dirección.

```

```

En el trayecto van a existir veredas, gradas, cruces de vehículos y otros obstáculos de
los cuales usted va a ser alertado.

```

```

Si desea cambiar de destino vuelva a presionar la pantalla. Cada que presione la pantalla
puede seleccionar un nuevo destino.

```

```

Recomendaciones

```

```

Si desea buscar un departamento puede decir el nombre y será guiado al edificio donde
se encuentre el departamento solicitado, siempre y cuando éste exista en el registro.

```

```

Usted debe encontrarse en una ruta válida y empezar a caminar.

```

```

Se le notificará de los giros u obstáculos diciendo: En aproximadamente y la distancia
en metros.

```

```

Esta aplicación sirve específicamente para orientación y no reemplaza a herramientas
para detección de obstáculos

```

```

Utilice las paredes y borde como guía.

```

```

Si se encuentra en un borde espere unos segundos hasta que se emita la orden.

```

```

Para el uso de la brújula hay un margen de error menor de 25 grados, como por ejemplo.

```

```

Gire aproximadamente 20 grados a la izquierda avance de frente`.

```

```

lineaRutaVerticesPgr: {

```

```

id: 1000

```

```

    }
    coincidencias: [
    {
    palabrasIguales: "manual de usuario"
    }
    ]
    palabrasIguales: "manual"
  }
  ]
}

let puntoDestino;
for (let index = 0; index < this.lugares.length; index++) {
  const element = this.lugares[index];
  puntoDestino = this.compararArrays(element, matches, "su destino es");
  if (puntoDestino)
    break;
}
if (puntoDestino) {
  this.buscarRuta(puntoDestino);
}
else {
  let informacion = this.compararArrays(opcionInformacion, matches, "");
  console.log(informacion, "información");
  let manualU = this.compararArrays(manualUsuario, matches, "");
  let InfoDepartamentos = this.compararArrays(InformacionDepartamentos, matches, "");
  let InfoFacae = this.compararArrays(InformacionFacae, matches, "");
  let InfoFecyt = this.compararArrays(InformacionFecyt, matches, "");
  let InfoFica = this.compararArrays(InformacionFica, matches, "");
  let InfoFicaya = this.compararArrays(InformacionFicaya, matches, "");

  if
  (!informacion&&!manualU&&!InfoDepartamentos&&!InfoFacae&&!InfoFecyt&&!InfoFica&&!InfoFicaya)
    this.colaOrdenes.push("Destino no encontrado, intente nuevamente")
  }
}

compararArrays(opcionDestino, matches, pre) {
  let comparaciones = opcionDestino.coincidencias;
  for (let index = 0; index < comparaciones.length; index++) {
    for (let j = 0; j < matches.length; j++) {
      const element = matches[j];
      if (comparaciones[index].palabrasIguales.toLowerCase() == matches[j].toLowerCase())
      {
        console.log("matches", comparaciones[index].palabrasIguales, matches[j]);
        let respuestaComparacion: any = [
        pre,
        opcionDestino.nombre
        ]
      }
    }
  }
}

```

```

this.limpiarVariables();
//this.leer(respuestaComparacion, 0)
this.colaOrdenes.push(pre, opcionDestino.nombre);
return opcionDestino.lineaRuta.VerticesPgr.id;
}
}
}
}
}

```

```

private limpiarVariables() {
this.numeroEnLaRuta = 1;
this.rutaSeleccionada = null;
this.llego = false;
}

```

```

mensajeCompleto = false;

```

```

public buscarRuta(puntoDestino) {
let self = this;

```

```

navigator.geolocation.getCurrentPosition(function (position) {
self.peticiones(position.coords.latitude, position.coords.longitude, puntoDestino);
},

```

```

function (position) {
}
}
);
}

```

```

public peticiones(latitude, longitude, puntoDestino) {
let self = this;
this.restService.get(`${URL_SERVER}/api/linea-ruta-vertices/buscar-ruta/${longitude}/${latitude}/${puntoDestino}/`).subscribe(ruta => {
this.rutaSeleccionada = ruta;
if (this.rutaSeleccionada && this.rutaSeleccionada[0]) {
this.rutaSeleccionada[0].orden = "";
this.rutaSeleccionada[0].alerta = "";
}
}
}

```

```

this.asignarRutaInicial();
setTimeout(function () {
self.ordenAnguloInicial();
}, 3000);

```

```

});
}
}

```

```

private asignarRutaInicial() {
this.asignarPuntosDeRuta(0);
}

```

```

private asignarPuntosDeRuta(index: number) {

```

```

let self = this;
this.puntoInicio = this.rutaSeleccionada[index];
if (index == 0) {
setTimeout(function () {
// self.leer([self.puntoInicio.orden], 0);
self.colaOrdenes.push(self.puntoInicio.orden);
console.log(self.colaOrdenes, "this.rutaSeleccionada");
}, 4000);
}
this.puntoMedio = this.rutaSeleccionada[index + 1];
if (this.rutaSeleccionada.length > index + 2)
this.puntoFin = this.rutaSeleccionada[index + 2];
this.puntoDestino = this.rutaSeleccionada[this.rutaSeleccionada.length - 1];
}

public getDistanceFromLatLonInMeters(coordenadaInicio: any, coordenadaMedia: any,
from) {
if (!coordenadaInicio || !coordenadaMedia) {
this.limpiarVariables();
return;
}
let longitudInicio: number = coordenadaInicio.geom.coordinates[0];
let longitudMedia: number = coordenadaMedia.geom.coordinates[0];
let latitudInicio: number = coordenadaInicio.geom.coordinates[1];
let latitudMedia: number = coordenadaMedia.geom.coordinates[1];

let radio = 6371;
let distanciaLatitud = (latitudMedia - latitudInicio) * (Math.PI / 180);
let distanciaLongitud = (longitudMedia - longitudInicio) * (Math.PI / 180);
let formula =
Math.sin(distanciaLatitud / 2) * Math.sin(distanciaLatitud / 2) +
Math.cos(latitudInicio * (Math.PI / 180)) * Math.cos(latitudMedia * (Math.PI / 180)) *
Math.sin(distanciaLongitud / 2) * Math.sin(distanciaLongitud / 2);
let c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(formula), Math.sqrt(1 - formula));
let distancia = radio * c * KM_EN_METROS;
return distancia;
}

draw(coords: any) {
let dataLayer: any = {};
let latlon = [];

let transof: any = new transform([Number(coords[1]), Number(coords[0])],
'EPSG:4326', defaultMapProjection)
let dataFeature: any = {
"coordinate": transof
}
}

```



```
latlon.push(dataFeature);
dataLayer = this.getVectorLayer(this.getVectorSource(latlon));
this.map.addLayer(dataLayer);
}
```

```
private getVectorLayer(data: any) {
const vectorLel = new VectorLayer({
source: data
});
return vectorLel;
}
```

```
private getVectorSource(latlon: any) {
var data = new VectorSource();
latlon.map(val => {
let lonLat = new Point(val.coordinate);
var pointFeature = new Feature({
geometry: lonLat,
weight: 1,
radius: 150,
});
});
```

```
data.addFeature(pointFeature);
});
```

```
return data;
}
counter = 0;
```

```
geo_success(position) {
console.log(position, "position");
}
```

```
geo_error() {
alert("Sorry, no position available.");
}
```

```
geo_options = {
enableHighAccuracy: true,
maximumAge: 30000,
timeout: 27000
};
puedeSaltar = 0;
```

```
watchL() {
let self = this;
let suswatch: any;
setInterval(() => {
this.puedeSaltar++;
```

```

this.counter++;
console.log("ciclo-", this.counter);

if (this.counter > 3) {
if (suswatch)
navigator.geolocation.clearWatch(suswatch);

suswatch = navigator.geolocation.watchPosition(function (data) {
if (self.rutaSeleccionada) {
self.move(data);
self.puntoActualUsuario = data;
}
}, this.geo_error, this.geo_options);
let options1 = {
timeout: 2000,
enableHighAccuracy: true
};
}, 1000);
}

isEmpty(obj) {
for (var key in obj) {
if (obj.hasOwnProperty(key))
return false;
}
return true;
}

numeroEnLaRuta = 1;
llego = false;

move(data) {
this.coordenadaTelefono = data;
let self = this;
let response: any = data;
let coordenadaUsuario: any = { "geom": { "coordinates": [response.coords.longitude,
response.coords.latitude] } };
let distanciaMetrosAlDestino =
parseInt(this.getDistanceFromLatLonInMeters(coordenadaUsuario, this.puntoDestino,
"") + "");
console.log(data, "ricardo o");
if (!this.llego && distanciaMetrosAlDestino <= 2 && this.numeroEnLaRuta ==
this.rutaSeleccionada.length) {
this.llego = true;
//this.leer(['Llego a su destino'], 0);
this.colaOrdenes.push(`Llego a su destino`);
}
if (this.isEmpty(this.puntoMedio))
return;
}

```

```

let distanciaMetros =
parseInt(this.getDistanceFromLatLonInMeters(coordenadaUsuario, this.puntoMedio,
"" + ""));

if (this.distanciaAnterior < distanciaMetros) {
this.tiempoDistanciaAnterior++;
if (this.tiempoDistanciaAnterior % 4 == 0) {
//this.leer([' Se está alejando de su ruta, regrese`], 0)
this.colaOrdenes.push(` Se está alejando de su ruta, regrese `);
}
}
else if (this.distanciaAnterior > distanciaMetros) {
this.tiempoDistanciaAnterior = 0;
}
this.distanciaAnterior = distanciaMetros;

this.mostrarEnPantalla(response, distanciaMetros);

if (this.isEmpty(this.rutaSeleccionada))
return;

if (distanciaMetros <= this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].tolerancia
&& distanciaMetros >= 9 && distanciaMetros <= 12) {
let mensaje = `En aproximadamente 5 metros `;
let ordenServidor = this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden;
this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden = ""
mensaje = `${mensaje} ${ordenServidor}`;
if (!ordenServidor || ordenServidor.trim() == "") {
mensaje = "";
}
if (ordenServidor)
this.colaOrdenes.push(`${mensaje} `);
console.log(this.colaOrdenes, "this.rutaSeleccionada1");
console.log(ordenServidor, "servidor");
if (this.numeroEnLaRuta < this.rutaSeleccionada.length)
this.asignarPuntosDeRuta(this.numeroEnLaRuta++);
}

if (distanciaMetros <= this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].tolerancia
&& distanciaMetros >= 6 && distanciaMetros <= 8) {
let mensaje = `En aproximadamente 4 metros `;
let ordenServidor = this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden;
this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden = ""

mensaje = `${mensaje} ${ordenServidor}`;
if (!ordenServidor || ordenServidor.trim() == "") {
mensaje = "";
}
}

```

```

if (ordenServidor)
this.colaOrdenes.push(` ${mensaje} `);
console.log(this.colaOrdenes, "this.rutaSeleccionada1");

console.log(ordenServidor, "servidor");
if (this.numeroEnLaRuta < this.rutaSeleccionada.length)
this.asignarPuntosDeRuta(this.numeroEnLaRuta++);
}
if (distanciaMetros <= this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].tolerancia
&& distanciaMetros >= 4 && distanciaMetros <= 5) {
let mensaje = `En aproximadamente 3 metros `;
let ordenServidor = this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden;
this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden = ""

mensaje = `${mensaje} ${ordenServidor}`;
if (!ordenServidor || ordenServidor.trim() == ",") {
mensaje = "";
}
if (ordenServidor)
// this.leer(`${mensaje} `, 0);
this.colaOrdenes.push(` ${mensaje} `);
console.log(this.colaOrdenes, "this.rutaSeleccionada1");

console.log(ordenServidor, "servidor");
if (this.numeroEnLaRuta < this.rutaSeleccionada.length)
this.asignarPuntosDeRuta(this.numeroEnLaRuta++);
}

if (distanciaMetros <= this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].tolerancia &&
distanciaMetros <= 3) {
let mensaje = `En aproximadamente ${distanciaMetros} metros `;
let ordenServidor = this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden;
this.rutaSeleccionada[this.numeroEnLaRuta].orden = ""

mensaje = `${mensaje} ${ordenServidor}`;
if (!ordenServidor || ordenServidor.trim() == ",") {
mensaje = "";
}
}

if (ordenServidor)
// this.leer(`${mensaje} `, 0);
this.colaOrdenes.push(` ${mensaje} `);
console.log(this.colaOrdenes, "this.rutaSeleccionada1");

console.log(ordenServidor, "servidor");
if (this.numeroEnLaRuta < this.rutaSeleccionada.length)
this.asignarPuntosDeRuta(this.numeroEnLaRuta++);
}
}
}

```

```

private mostrarEnPantalla(response: any, distanciaMetros: any) {
if (response && response.coords && response.coords.longitude) {
this.coordsList.push({
latitude: response.coords.latitude,
longitude: response.coords.longitude,
time: new Date(response.timestamp * TIMESTAMP),
distancia: distanciaMetros
});
this.distanciaSiguientePunto = distanciaMetros;
this.draw([response.coords.latitude, response.coords.longitude]);
}
}
}

```

```

Brujula() {
let self = this;
navigator.geolocation.getCurrentPosition(function (position) {
// Get the device current compass heading
self.deviceOrientation.getCurrentHeading().then(
(data: DeviceOrientationCompassHeading) => console.log(data),
(error: any) => console.log(error)
);
}
}

```

```

// Watch the device compass heading change
var subscription = self.deviceOrientation.watchHeading().subscribe(
(data: DeviceOrientationCompassHeading) => {
if (self.valorBrujula && self.valorBrujula.CompassHeading)
self.ordenAnguloInicial()
self.coordsCompass.push(data)
if (self.puntoMedio)
self.valorBrujula = data;
}
);
}
function (position) {
}
}
}
angleFromCoordinateActual() {

```

```

let longitudMedia: number = this.puntoMedio.geom.coordinates[0];
let latitudMedia: number = this.puntoMedio.geom.coordinates[1];
let longitudPuntoAcualUsuario: number = this.puntoAcualUsuario.coords.longitude;
let latitudPuntoAcualUsuario: number = this.puntoAcualUsuario.coords.latitude;

```

```

let punto1: any = {
lat: latitudPuntoAcualUsuario,
lng: longitudPuntoAcualUsuario,
elv: 2225
}

```

```

}
let punto2: any = {
lat: latitudMedia,
lng: longitudMedia,
elv: 2225
}

let anguloAzimuth = this.azimuth.azimuth(punto1, punto2)

return anguloAzimuth;
}

ordenAnguloInicial() {

let resta: number = this.angleFromCoordinateActual().azimuth -
this.coordsCompass[this.coordsCompass.length - 1].trueHeading;

if (resta > 180) {
resta = resta - 360;
}
let angle = Math.abs(resta).toFixed(0)

if (resta > 0) {
let mensaje: any = [`Gire aproximadamente ${angle} grados a la derecha y avance `];
//this.leer(mensaje, 0);
this.colaOrdenes.push(mensaje);
}
else {
let mensaje: any = [`Gire aproximadamente ${angle} grados a la izquierda y avance `];
//this.leer(mensaje, 0);
this.colaOrdenes.push(mensaje);
}
}

AudioAlerta() {
var audio = new Audio("assets/audio/Beep_Short_01_Sound_Effect_Mp3_102.mp3");
audio.play();
console.log("audio");
}
}
}

```