UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES QUE REQUIERE EL NETWORK DATASET PARA LA DETERMINACIÓN DE RUTAS ÓPTIMAS APLICADAS AL FLUJO VEHICULAR URBANO DE LA CIUDAD DE TARIJA"

Por:

MISAEL JESUS NINA CRUZ

Proyecto de grado presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil

SEMESTRE II – 2024

TARIJA - BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES QUE REQUIERE EL NETWORK DATASET PARA LA DETERMINACIÓN DE RUTAS ÓPTIMAS APLICADAS AL FLUJO VEHICULAR URBANO DE LA CIUDAD DE TARIJA"

Por:

MISAEL JESUS NINA CRUZ

SEMESTRE II – 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a mi antiguo yo, gracias por nunca rendirte y gracias por traernos a este brillante futuro.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN. 17

1.2. ANTECEDENTES. 17

1.3. JUSTIFICACIÓN. 19

1.3.1. Académico. 19

1.3.2. Técnico. 21

1.3.3. Social. 22

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 24

1.4.1. Situación Problémica. 24

1.4.2. Delimitación Temporal. 24

1.4.3. Delimitación Espacial. 25

1.4.4. Formulación del Problema 25

1.5. OBJETIVOS. 25

1.5.1. Objetivo General 25

1.5.2. Objetivos Específicos. 25

1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SUS VARIABLES. 25

1.6.1. Formulación de la Hipótesis 25

1.6.2. Conceptualización y Operacionalización de Variables. 25

1.7. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN 26

1.8. CRITERIOS DE DISEÑO METODOLÓGICO. 26

1.8.1. Unidad de Muestra, Población y Muestra. 26

1.8.2. Tamaño de la Muestra. 26

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTO TEÓRICO

2. 29

2.1. MARCO CONCEPTUAL 29

2.1.1. Introducción a la Planificación Vial. 29

2.1.2. Entorno de Movilidad en Planificación Vial. 30

2.1.3. Movilidad Urbana Sostenible. 31

2.1.4. Metodologías de Planificación Vial. 32

2.1.5. Planificación Vial Sostenible. 34

2.1.6. Análisis de Casos de Estudio en Planificación Vial. 36

2.1.7. Sistemas de Información Geográfica 36

2.1.8. Fundamentos Teóricos de los SIG. 38

2.1.9. Funcionalidades de las Herramientas de un SIG. 40

2.1.10. Aplicaciones de los SIG. 42

2.1.11. Fundamento Network Analyst. 43

2.1.12. Planificación y Optimización de Redes de Transporte. 48

2.1.13. Criterios en Planificación y Optimización de Rutas. 49

2.1.14. Metodologías para el Análisis Comparativo de Rutas. 50

2.2. MARCO NORMATIVO 50

2.2.1. Ley Municipal Nro. 117 – Ley de Movilidad Urbana y Transporte. 50

2.2.2. Plan Departamental de Ordenamiento Territorial Tarija 2006 – 2025. 58

2.2.3. Código de Tránsito, 16 de Febrero de 1973. 63

2.3. ANALISIS Y POSICION DEL INVESTIGADOR 65

CAPÍTULO 3

APLICACIÓN

3. 68

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA. 68

3.2. CRITERIOS METODOLÓGICOS. 68

3.2.1. Unidades de Muestreo. 68

3.2.2. Población. 68

3.2.3. Definición de la muestra. 71

3.3. ELABORACIÓN DE CAPAS 72

3.3.1. Funcionamiento de Network Analyst. 72

3.3.2. Aplicación de Network Analyst para la Determinación de Rutas. 74

3.3.3. Digitalización de Rutas Existentes. 95

3.3.4. Digitalización de Vías. 101

3.4. DATASET. 105

3.4.1. Base de Datos espacial. 105

3.4.2. Topología de Redes. 106

3.4.3. Creación de un Network Dataset. 106

3.4.4. Trazado de Ruta. 108

3.5. APLICACIÓN DEL NETWORK DATASET A LAS RUTAS DE TRANSPORTE PUBLICO 109

3.6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS 110

3.7. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD. 113

3.7.1. EVALUACIÓN DE PRECISIÓN. 113

3.7.2. ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN DE DATOS. 115

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. 119

4.1. CONCLUSIONES.....119

4.2. RECOMENDACIONES 120

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A. FIGURAS Y GRAFICOS.

ANEXO B. TABLAS DE ATRIBUTOS.

ANEXO C. MAPAS SITUACIÓN ACTUAL Y RESULTADOS OBTENIDOS.

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla N.º 1 Análisis de variables.....26
Tabla N.º 2 Lineas micro La Tablada.....69
Tabla N.º 3 Lineas taxi trufi Vecinal.....69
Tabla N.º 4 Lineas micro Luis de fuentes. 70
Tabla N.º 5 Lineas micro Virgen de Chaguaya. 70
Tabla N.º 6 Lineas taxi trufi 26 de marzo.....70
Tabla N.º 7 Lineas taxi trufi El Chapaco.....70
Tabla N.º 8 Lineas taxi trufi Full Sin Frontera. 71
Tabla N.º 9 Unidades de muestra. 71
Tabla N.º 10 Resultados obtenidos.....84
Tabla N.º 11 Resultados ajustados. 87
Tabla N.º 12 Datos obtenidos micro linea 5. 96
Tabla N.º 13 Datos obtenidos micro linea 6. 97
Tabla N.º 14 Datos obtenidos micro linea D. 97
Tabla N.º 15 Datos obtenidos taxitrufi banderita azul.....98
Tabla N.º 16 Datos obtenidos taxitrufi banderita azul - amarillo. 98
Tabla N.º 17 Datos obtenidos taxitrufi banderita azul – rosa claro. 99
Tabla N.º 18 Datos obtenidos taxitrufi banderita morado - blanco. 99
Tabla N.º 19 Datos obtenidos taxitrufi banderita rojo - amarillo. 100
Tabla N.º 20 Datos obtenidos taxitrufi banderita verde claro - blanco. 100
Tabla N.º 21 Comparación de distancias de ruta. 111
Tabla N.º 22 Comparación de tiempo de recorrido. 112
Tabla N.º 23 Error relativo porcentual variables. 114
Tabla N.º 24 Ventajas y desventajas del uso de Network Analyst. 117

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1 Niveles de investigación. 125
Figura 2 Mapa de red de transporte. 125
Figura 3 Casco viejo de la ciudad de Tarija. 126
Figura 4 Paradas de descarga. 127
Figura 5 Ruta planteada Network Analyst. 128
Figura 6 Tabla resultados. 128
Figura 7 Calles restringidas. 129
Figura 8 Nueva ruta planteada. 130
Figura 9 Tabla de resultados. 130
Figura 10 Modelado Network Analyst. 131
Figura 11 Resultados Network Analyst. 131
Figura 12 Modelado Google Maps. 132
Figura 13 Modelado OpenStreetMaps. 132
Figura 14 Modelado Network Analyst. 133
Figura 15 Resultados Network Analyst. 133
Figura 16 Interfaz Outdooractive. 134
Figura 17 Interfaz Outdooractive. 134
Figura 18 Gráfico datos micro línea 5. 135
Figura 19 Gráfico datos micro línea 5. 135
Figura 20 Gráfico datos micro línea 6. 136
Figura 21 Gráfico datos micro línea 6. 136
Figura 22 Gráfico datos micro línea D. 137
Figura 23 Gráfico datos micro línea D. 137
Figura 24 Gráfico datos taxitrufi banderita azul. 137
Figura 25 Gráfico datos taxitrufi banderita azul. 138
Figura 26 Gráfico datos taxitrufi banderita azul - amarillo. 139
Figura 27 Gráfico datos taxitrufi banderita azul - amarillo. 139

Figura 29 Gráfico datos taxitrufi banderita azul – rosa claro. 140
Figura 31 Gráfico datos taxitrufi banderita morado - blanco. 141
Figura 33 Gráfico datos taxitrufi banderita rojo - amarillo. 142
Figura 35 Gráfico datos taxitrufi banderita verde claro - blanco. 143
Figura 36 Recolección datos de campo. 144
Figura 37 Recolección datos de campo. 144
Figura 38 Datos ruta en Outdooractive. 145
Figura 39 Ruteo en Outdooractive. 145
Figura 40 Visualización de datos en Google Earth Pro. 146
Figura 41 Herramienta de conversión ArcGis. 146
Figura 42 Visor de ArcGis. 147
Figura 43 Raster de referencia en ArcGis. 147
Figura 44 Shapefile de nodos en ArcGis. 148
Figura 45 Shapefile de líneas en ArcGis. 148
Figura 46 Apertura tabla de atributos Shapefile. 149
Figura 47 Tabla de atributos Shapefile. 149
Figura 48 Creación de celdas de atributos. 150
Figura 49 Configuración de celda. 150
Figura 50 Calculo de geometría del shapefile. 150
Figura 51 Configuración de cálculo de geometría. 151
Figura 52 Creación de celdas de atributos. 151
Figura 53 Configuración de celda. 151
Figura 54 Selección por atributos. 152
Figura 55 Ventana selección por atributos. 152
Figura 56 Elementos de tabla seleccionados. 153
Figura 57 Calculadora de celdas. 153
Figura 58 Ventana calculadora de celdas. 154
Figura 59 Selección por atributos. 154
Figura 60 Ventana selección por atributos. 155
Figura 61 Elementos seleccionados. 155
Figura 62 Ventana calculadora de celdas. 156

Figura 63 Creación de nueva Geodatabase. 156
Figura 64 Creación de feature dataset. 157
Figura 65 Creación de feature dataset. 157
Figura 66 Georreferenciación de feature dataset. 158
Figura 67 Exportación de Shapefile a Geodatabase. 158
Figura 68 Configuración herramienta de exportación a Geodatabase. 159
Figura 69 Creación de nuevo topology 159
Figura 70 Ventana de topology. 160
Figura 71 Definición de tolerancia de la topología. 160
Figura 72 Enlace de conjuntos con topology 161
Figura 73 Rango de topology. 161
Figura 74 Ventana de reglas topology. 162
Figura 75 Selección de reglas de topology. 162
Figura 76 Reglas definidas para topology. 162
Figura 77 Resumen de configuración topology. 163
Figura 78 Visor de resultados de topology. 163
Figura 79 Ventana de errores detectados con topology 164
Figura 80 Visualización de errores 164
Figura 81 Validación de correcciones de topology. 165
Figura 82 Creación de nuevo Network Dataset en la Geodatabase. 165
Figura 83 Enlace de conjuntos con Network Dataset 166
Figura 84 Configuración de conectividad entre segmentos y nodos. 166
Figura 85 Tipo de conectividad de nodos. 167
Figura 86 Configuración de elevación de nodos 167
Figura 87 Atributos del Shapefile que se cargaran al Network Dataset. 168
Figura 88 Ventana de configuración de direcciones 168
Figura 89 Configuración de las direcciones de Network Dataset 169
Figura 90 Resumen configuración Network Dataset 169
Figura 91 Network Dataset. 170
Figura 92 Network Dataset. 170
Figura 93 Creación de Rutas en Network Analyst. 171

Figura 94 Configuración de rutas Network Analyst. 171
Figura 95 Herramienta de creación de paradas. 172
Figura 96 Colocación de paradas. 172
Figura 97 Colocación de paradas. 173
Figura 98 Colocación de paradas 173
Figura 99 Función Solve en Network Analyst. 174
Figura 100 Creación de ruta en Network Analyst. 174
Figura 101 Herramienta de direcciones en Network Analyst. 175
Figura 102 Ventana de herramienta de direcciones. 175
Figura 103 Ventana de herramienta de direcciones. 176
Figura 104 Ventana herramienta de direcciones. 176
Figura 105 Herramienta propiedades de ruta. 177
Figura 106 Ventana propiedades de ruta. 177
Figura 107 Configuración de análisis. 178
Figura 108 Configuración de valores de impedancia. 178
Figura 109 Acumulación de atributos de impedancia 179
Figura 110 Visor Network Dataset 179
Figura 111 Network dataset aplicado a Línea 5. 180
Figura 112 Creación de paradas de Network Dataset 180
Figura 113 Creación de ruta Network Dataset. 181
Figura 114 Ventana herramienta de direcciones 181
Figura 115 Error relativo porcentual (longitud) – Network Analyst vs Trabajo de campo. .. 182
Figura 116 Error relativo porcentual (tiempo) – Network Analyst vs Trabajo de campo. 182