

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MODELAMIENTO DEL TIEMPO DE ACCESIBILIDAD A
SERVICIOS BÁSICOS, CASO DE ESTUDIO DISTRITO DE
HUAYLLABAMBA, PROVINCIA DE SIHUAS, DEPARTAMENTO DE
ANCASH.”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

JEISON ALBERTO TANTACHUCO ROMÁN

LIMA – PERÚ

2023

Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
3	www.inei.gob.pe Fuente de Internet	<1%
4	www.civil21.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	c3.openstyles.com Fuente de Internet	<1%
7	www.mtc.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.ciencianueva.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1%
9	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“MODELAMIENTO DEL TIEMPO DE ACCESIBILIDAD A
SERVICIOS BÁSICOS, CASO DE ESTUDIO DISTRITO DE
HUAYLLABAMBA, PROVINCIA DE SIHUAS, DEPARTAMENTO DE
ANCASH”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. JEISON ALBERTO TANTACHUCO ROMÁN

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. ROSA MARÍA MIGLIO TOLEDO
Presidente

Dr. RAÚL ARNALDO ESPINOZA VILLAR
Asesor

Mg. Sc. RICARDO APACLLA NALVARTE
Miembro

Ing. MANUEL HUMBERTO BARRENO GALLOSO
Miembro

LIMA – PERU

2023

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mi madre, Romina, por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera, creer en mi capacidad y forjar la persona que soy en la actualidad.

A mi hermano, Gabriel, por las ganas de ser una figura ejemplar para él y por ser una fuente importante de mi motivación.

A mi familia, quienes con su palabra de aliento me motivaron a emprender en esta aventura académica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Dr. Raúl Espinoza Villar, por el asesoramiento y tiempo brindado durante cada etapa de esta investigación.

A los miembros del jurado Mg. Sc Rosa María Miglio Toledo, Ing. Manuel Humberto Barreno Galloso y Mg. Sc. Ricardo Apaella Nalvarte, por el tiempo y la dedicación brindada en la mejora de la presente investigación.

A mis colegas del trabajo, por compartirme sus puntos de vista, conocimientos y recomendaciones para la mejora de la presente tesis.

Finalmente, a mis amigos, por nunca parar de alentarme, y gracias a ello poder dar este gran paso en mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	JUSTIFICACIÓN	1
1.2.	OBJETIVOS	2
1.2.1	Objetivo principal.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	TEORÍAS DE LOCALIZACIÓN	3
2.1.1	Teoría de la localización de von Thünen.....	3
2.1.2	Modelo gravitacional.....	4
2.1.3	Modelo de elección del lugar óptimo	5
2.1.4	Modelo de localización ponderada	6
2.2.	ACCESIBILIDAD.....	7
2.2.1	Indicadores de accesibilidad.....	8
2.3.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	11
2.3.1	Representación vectorial.....	12
2.3.2	Representación ráster.....	12
2.4.	SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)	13
2.5.	CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO.....	14
2.6.	RED HIDROGRÁFICA	15
2.7.	CENTRO POBLADO.....	15
2.7.1	Centro poblado urbano	15
2.7.2	Centro poblado rural.....	16
2.8.	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS BÁSICOS	16
2.9.	ESTABLECIMIENTOS DE SALUD	18
2.10.	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	18
2.11.	MODELO ACCESIBILIDAD.....	19
2.11.1	Parámetros	19
2.11.2	Superficie de fricción.....	22
2.12.	ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS	22
2.12.1	Diagrama de caja y bigotes (Box plot)	23
2.12.2	Histograma de frecuencias.....	23

2.12.3	Función de densidad	24
2.13.	ERROR CUADRÁTICO MEDIO (RMSE)	24
2.14.	ESTADÍSTICA ESPACIAL.....	25
2.14.1	Mapas de cuantiles.....	25
2.14.2	Mapas de desviación típica.....	25
2.14.3	Tendencia global de los datos.....	26
2.14.4	Autocorrelación espacial	27
2.14.5	Índice Global de Moran	27
2.14.6	Índice Local de Asociación Espacial (LISA)	28
III.	METODOLOGÍA.....	29
3.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
3.1.1	Ubicación geográfica.....	30
3.1.2	Ubicación política.....	30
3.2.	RECOPIACIÓN DE INSUMOS	32
3.2.1	Insumo ráster	32
3.2.2	Insumo vectorial	32
3.3.	ACONDICIONAMIENTO DE DATOS	33
3.3.1	Actualización cartográfica.....	33
3.3.2	Validación topológica.....	33
3.4.	CONSTRUCCIÓN DE LAS SUPERFICIES DE FRICCIÓN.....	36
3.4.1	Superficie de fricción hídrica	36
3.4.2	Superficie de fricción vial	37
3.4.3	Superficie de fricción a pie.....	39
3.5.	ALGORITMO DE COSTO DE DISTANCIA	40
3.6.	ANÁLISIS ESPACIAL Y ESTADÍSTICAS DE POBLACIÓN SEGÚN ACCESIBILIDAD.....	44
3.6.1	Mapas de cuantiles.....	46
3.6.2	Mapas de desviación típica.....	46
3.6.3	Tendencia global de los datos.....	46
3.6.4	Autocorrelación espacial	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	SUPERFICIE DE FRICCIÓN	48
4.2.	MAPA DE TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO	51

4.3.	MAPA DE CUANTILES	52
4.3.1	Establecimiento de salud - Mapa de cuantiles.....	52
4.3.2	Establecimiento de salud tipo I-1 - Mapa de cuantiles.....	54
4.3.3	Establecimiento de salud tipo I-2 - Mapa de cuantiles.....	55
4.3.4	Establecimiento de salud tipo I-3 - Mapa de cuantiles.....	57
4.3.5	Institución educativa - Mapa de cuantiles	58
4.3.6	Institución educativa nivel inicial – jardín - Mapa de cuantiles	60
4.3.7	Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado - Mapa de cuantiles.....	61
4.3.8	Institución educativa nivel primaria - Mapa de cuantiles.....	63
4.3.9	Institución educativa nivel secundaria - Mapa de cuantiles	65
4.3.10	Institución educativa nivel técnico productiva - Mapa de cuantiles.....	66
4.4.	MAPA DE DESVIACIÓN TÍPICA	68
4.4.1	Establecimiento de salud - Mapa de desviación típica.....	68
4.4.2	Establecimiento de salud tipo I-1 - Mapa de desviación típica.....	70
4.4.3	Establecimiento de salud tipo I-2 - Mapa de desviación típica.....	71
4.4.4	Establecimiento de salud tipo I-3 - Mapa de desviación típica.....	73
4.4.5	Institución educativa - Mapa de desviación típica.....	74
4.4.6	Institución educativa nivel inicial – jardín - Mapa de desviación típica ..	76
4.4.7	Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado - Mapa de desviación típica	77
4.4.8	Institución educativa nivel primaria - Mapa de desviación típica.....	79
4.4.9	Institución educativa nivel secundaria - Mapa de desviación típica	81
4.4.10	Institución educativa nivel técnico productiva - Mapa de desviación típica	82
4.5.	TENDENCIA GLOBAL DE LOS DATOS	84
4.5.1	Establecimiento de salud – Tendencia global de los datos.....	84
4.5.2	Establecimiento de salud tipo I-1 – Tendencia global de los datos.....	85
4.5.3	Establecimiento de salud tipo I-2 – Tendencia global de los datos.....	86
4.5.4	Establecimiento de salud tipo I-3 – Tendencia global de los datos.....	87
4.5.5	Institución educativa – Tendencia global de los datos	88
4.5.6	Institución educativa nivel inicial – jardín – Tendencia global de los datos	89

4.5.7	Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado – Tendencia global de los datos	90
4.5.8	Institución educativa nivel primaria – Tendencia global de los datos.....	91
4.5.9	Institución educativa nivel secundaria – Tendencia global de los datos ..	92
4.5.10	Institución educativa nivel técnico productiva – Tendencia global de los datos	93
4.6.	AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL.....	94
4.6.1	Índice Global de Moran.....	94
4.6.2	Índice Local de Asociación Espacial (LISA)	96
4.6.3	Establecimiento de salud – Mapa de Clusters LISA	97
4.6.4	Establecimiento de salud tipo I-1 – Mapa de Clusters LISA	97
4.6.5	Establecimiento de salud tipo I-2 – Mapa de Clusters LISA	98
4.6.6	Establecimiento de salud tipo I-3 – Mapa de Clusters LISA	99
4.6.7	Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado – Mapa de Clusters LISA	100
4.6.8	Institución educativa nivel secundaria – Mapa de Clusters LISA.....	101
4.6.9	Institución educativa nivel técnico productiva – Mapa de Clusters LISA	102
V.	CONCLUSIONES.....	104
VI.	RECOMENDACIONES	106
VII.	BIBLIOGRAFÍA	107
VIII.	ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Geometrías utilizadas en representaciones vectoriales	12
Figura 2: Variables geográficas representadas en formato ráster.....	13
Figura 3: Centro poblado urbano.....	16
Figura 4: Representación gráfica del costo.....	20
Figura 5: Estructura de datos georreferenciados ráster	21
Figura 6: Ruta	21
Figura 7: Diagrama de caja y bigotes	23
Figura 8: Histograma de frecuencias	24
Figura 9: Mapa de cuantiles.....	25
Figura 10: Mapa de desviación típica.....	26
Figura 11: Análisis de tendencia global de los datos.....	26
Figura 12: Flujograma de la metodología.....	29
Figura 13: Ubicación geográfica del distrito Huayllabamba.....	31
Figura 14: Superposición de entidades tipo línea.....	34
Figura 15: Errores en la superposición de entidades tipo línea	34
Figura 16: Nodos o extremos de línea colgados en entidades tipo línea.....	35
Figura 17: Errores en los nodos o extremos de línea colgados en entidades tipo línea..	35
Figura 18: a) Superficie de fricción integrada. b) Modelo de costos acumulativos.	41
Figura 19: Ruta generada para el pixel resaltado de celeste.....	41
Figura 20: Ruta generada para el pixel resaltado de verde.....	42
Figura 21: a) Modelo de costos unitarios. b) Modelo resultante (costos acumulados). .	42
Figura 22: Ruta generada para el pixel resaltado de celeste.....	43
Figura 23: Distribución del tiempo en la superficie de fricción vial	49
Figura 24: Distribución del tiempo en la superficie de fricción hídrica.....	49
Figura 25: Distribución del tiempo en la superficie de fricción a pie	50
Figura 26: Distribución del tiempo en la superficie de fricción integrada	50
Figura 27: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Huayllabamba.....	52
Figura 28: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado.....	53
Figura 29: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado.....	54

Figura 30: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado.....	56
Figura 31: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado.....	57
Figura 32: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana a nivel de centro poblado.....	59
Figura 33: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana a nivel de centro poblado.....	60
Figura 34: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado	62
Figura 35: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana a nivel de centro poblado	64
Figura 36: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado	65
Figura 37: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado.....	67
Figura 38: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado.....	69
Figura 39: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado.....	70
Figura 40: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado.....	72
Figura 41: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado.....	73
Figura 42: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana a nivel de centro poblado	75
Figura 43: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana a nivel de centro poblado.....	76
Figura 44: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado	78

Figura 45: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana a nivel de centro poblado	80
Figura 46: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado	81
Figura 47: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado	83
Figura 48: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado.....	85
Figura 49: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado.....	86
Figura 50: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado.....	87
Figura 51: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado.....	88
Figura 52: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana a nivel de centro poblado.....	89
Figura 53: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana a nivel de centro poblado.....	90
Figura 54: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado	91
Figura 55: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana a nivel de centro poblado	92
Figura 56: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado	93
Figura 57: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado.....	94
Figura 58: Mapa de clústeres LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado.....	97
Figura 59: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado.....	98
Figura 60: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado.....	99

Figura 61: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado.....	100
Figura 62: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado	101
Figura 63: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado	102
Figura 64: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación por tipo de vehículo.....	14
Tabla 2: Distribución de cursos de agua en las regiones hidrográficas del Perú.....	15
Tabla 3: Categorías de los establecimientos de salud.....	18
Tabla 4: Clasificación de instituciones educativas según nivel.....	18
Tabla 5: Detalle de asignación de costos unitarios a la capa vectorial de la superficie hídrica	36
Tabla 6: Detalle de asignación de costos unitarios a la superficie de vías	37
Tabla 7: Factores de impedancia según la pendiente	38
Tabla 8: Establecimientos de servicio básico presentes en el área de estudio	44
Tabla 9: Características principales de los establecimientos de salud.....	45
Tabla 10 : Características principales de las instituciones educativas.....	45
Tabla 11: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano	53
Tabla 12: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano	55
Tabla 13: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano	56
Tabla 14: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano	58
Tabla 15: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana.....	59
Tabla 16: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana	61
Tabla 17: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana.....	63

Tabla 18: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana	64
Tabla 19: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana	66
Tabla 20: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana.....	67
Tabla 21: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano	69
Tabla 22: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano.....	71
Tabla 23: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano.....	72
Tabla 24: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano.....	74
Tabla 25: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana	75
Tabla 26: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana.....	77
Tabla 27: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana	79
Tabla 28: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana.....	80

Tabla 29: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana.....	82
Tabla 30: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana	84
Tabla 31: Resultados del cálculo del Índice Global de Moran.....	95
Tabla 32: Descripción de la categorización de registros según Cluster LISA	96

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Instituciones Educativas (ESCALE)	110
ANEXO 2: Establecimientos de Salud (RENIPRESS – SUSALUD).....	112
ANEXO 3: Códigos empleados en el modelo, generación de mapas e índices espaciales	114
ANEXO 4: Mapas de tiempo de desplazamiento por centro poblado.....	124

RESUMEN

El modelamiento del tiempo de accesibilidad a establecimientos de servicios básicos evidencia si hubo una correcta planificación territorial en el ámbito de estudio. Con este fin, en el distrito de Huayllabamba se determinó el déficit de accesibilidad de la población respecto a los servicios básicos, donde se empleó el cálculo de tiempo requerido por un metro de recorrido para las superficies de fricción vial, hídrica y a pie; este indicador depende de las características de la superficie, la clasificación del cuerpo de agua y la pendiente. Con la construcción de las superficies de fricción se constituye la superficie de fricción integrada, que es la superposición de las superficies, considerando el valor del píxel más bajo en lugares con más de un valor. Luego, empleando el algoritmo de costo de distancia, que requiere como insumos a la superficie de fricción integrada y a los centros poblados del área de estudio, se obtuvo el tiempo óptimo (mínimo) requerido a cualquier punto del distrito, siendo un total de 33 ráster generados con este algoritmo. Seguidamente, los valores obtenidos en los ráster se extrajeron a los establecimientos, es decir, para un establecimiento existen 33 valores referidos a los tiempos requeridos entre dicho punto y a cada uno de los centros poblados, así el valor mínimo fue añadido a cada centro poblado según categoría de establecimiento, ejemplificando, para un centro poblado se desea añadir el tiempo mínimo con respecto a los establecimiento de salud, para ello se obtuvo el menor valor de tiempo (extraído del ráster elaborado con el centro poblado mencionado) de los establecimientos de salud. Finalmente, con los valores de tiempo mínimo se realizaron análisis espacial y estadísticas de accesibilidad a través de mapas de cuantiles, desviación típica, análisis de tendencia global de los datos y cálculos del Índice Global de Moran e Índice de Asociación Espacial (LISA) que afirmen estadísticamente, la existencia de un patrón espacial.

Palabras Clave: Modelamiento del tiempo, Servicios Básicos, Huayllabamba, déficit de accesibilidad, superficie de fricción, mapa de cuantiles, mapa de desviación típica, análisis de tendencia global de los datos, Índice Global de Moran, Índice de Asociación Espacial (LISA).

ABSTRACT

The modeling of the accessibility time to basic service establishments shows if there was a correct territorial planning in the study area. To this end, in the district of Huayllabamba the accessibility deficit of the population with respect to basic services was determined, where the calculation of time required by one meter of travel was used for road, water and foot friction surfaces; this indicator depends on the characteristics of the surface, the classification of the water body and the slope. With the construction of the friction surfaces, the integrated friction surface is constituted, which is the superposition of the surfaces, considering the value of the lowest pixel in places with more than one value. Then, using the distance cost algorithm, which requires the integrated friction surface and the population centers of the study area as inputs, the optimal (minimum) time required to any point in the district was obtained, with a total of 33 rasters. generated with this algorithm. Next, the values obtained in the rasters were extracted from the establishments, that is, for an establishment there are 33 values referring to the times required between said point and each of the populated centers, thus the minimum value was added to each populated center according to establishment category, As an example, for a populated center it is desired to add the minimum time with respect to the health establishments, for this the lowest value of time (extracted from the raster prepared with the mentioned populated center) of the health establishments was obtained. Finally, with the minimum time values, spatial analysis and accessibility statistics were carried out through quantile maps, standard deviation, global trend analysis of the data and calculations of the Global Moran Index and Local Indicators of Spatial Association (LISA) that affirm statistically, if the variable exists, it presents some kind of spatial pattern.

Keywords: Time modeling, Basic Services, Huayllabamba, deficit of accessibility, friction surface, quantile map, standard deviation map, global trend analysis of the data, Global Moran Index, Local Indicators of Spatial Association (LISA).

I. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

Knox (1978); Thomopoulos, Grant-Muller y Tight (2009) señalan que “la accesibilidad, conceptualizada desde la igualdad de acceso a servicios y a otros aspectos fundamentales de la vida humana, se vincula de forma directa con la organización y cohesión interna de un territorio” (PCM, 2018)

Según lo expuesto, es evidente que unidades político-administrativas de los estados deben buscar una configuración territorial tal, que logre mejorar la accesibilidad a los centros poblados que concentren los servicios básicos. En adición, según la PCM (2018), sobre la base de los resultados de la evaluación censal de estudiantes 2019 del Ministerio de educación (MINEDU), existen niveles de correlación entre estudiantes que lograron un nivel satisfactorio en comprensión lectora con respecto al tiempo requerido de desplazamiento al centro poblado que es capital departamental o capital distrital. Además, esta pésima demarcación territorial se evidencia en el sector salud, Anderson (2005) refiere que “si caes enfermo, tienes que elegir: o renuncias al tratamiento o pierdes tu granja” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2008, p.26).

Pese al crecimiento económico de los últimos años en el Perú, existen hogares sin acceso a servicios básicos de salud, educación, saneamiento y electricidad; lo cual no les permite generar las capacidades necesarias para obtener ingresos a través del desarrollo de sus potencialidades en igualdad de oportunidades, manteniéndose en una situación de pobreza o vulnerabilidad. (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social [MIDIS], 2019, p.1)

En consecuencia, la presente investigación busca evidenciar cuáles son los centros poblados y la cantidad poblacional presente en estos, que se encuentran frente a una situación de déficit de accesibilidad a establecimientos de servicios básicos del área de estudio debido a la falta de consideración de factores de cercanía o accesibilidad para la ubicación de nuevos centros de salud e instituciones educativas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo principal

- Determinar el grado de accesibilidad de la población del distrito de Huayllabamba, provincia de Sihuas, departamento de Ancash a los establecimientos de servicios básicos, aplicando algoritmos de costo-distancia.

1.2.2 Objetivos específicos

- Calcular el indicador de accesibilidad, representado por el tiempo de recorrido de un metro de superficie, para las rutas viales, hidro vías y superficie natural.
- Construir las superficies de fricción vial, hídrica y a pie, e integrarlas para obtener la superficie de fricción integrada.
- Modelar la superficie de tiempo acumulado a través de la superficie de fricción integrada y los centros poblados del área de estudio
- Generar mapas de cuantiles, de desviación estándar, análisis de tendencia de los datos y calcular estadísticas espaciales como la autocorrelación espacial a través del Índice Global de Moran e Índice Local de Asociación Espacial (LISA) de la variable tiempo requerido a los establecimientos de servicio básico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. TEORÍAS DE LOCALIZACIÓN

Walter Isard (1956) en su libro “*Location and Space-Economy*”, describe cuatro teorías de localización industrial, en las cuales a través de modelos matemáticos ilustra los factores que influyen en la localización.

2.1.1 Teoría de la localización de von Thünen

El modelo de von Thünen se centra en que la ubicación de la actividad agrícola, utilizada además en la localización industrial tiene como principios básicos la distancia al mercado y los costos de transporte, maximizando los beneficios considerando estos factores (Isard, 1956).

Las características de este modelo son:

- ✓ Mercado central: Refiere a un mercado único centralizado, homogéneo y accesible.
- ✓ Competencia perfecta: Uniformidad en productos y precios.
- ✓ Costos de transporte: Se considera que a mayor distancia existirá un mayor costo de transporte.
- ✓ Diversidad de cultivos: Libertad para los agricultores en la elección de productos (cultivos).

Resultados del modelo:

- ✓ La predicción indica que las tierras agrícolas más cercanas al mercado son las más óptimas debido a los bajos costos de transporte.

- ✓ A mayor distancia al mercado, las tierras serán destinadas para productos de menor demanda debido a los altos costos de transporte.
- ✓ La decisión de la localización más óptima se basa también en los costos de transporte de los insumos agrícolas.

2.1.2 Modelo gravitacional

Este modelo se basa en la ley de la gravitación, donde se considera la masa de los lugares de origen (industrias) y de destino (mercados), así como la distancia entre ellos; con lo cual, se analiza cómo la distribución geográfica de la demanda influye en la localización y cómo los flujos comerciales se ven afectados por la distancia (Isard, 1956).

Las características de este modelo son:

- ✓ Masa de las ubicaciones económicas: Las ubicaciones económicas (industria o mercado) son consideradas una masa, que ejercen atracción gravitacional sobre otras ubicaciones.
- ✓ Distancia entre las ubicaciones: Se define que, a mayor distancia entre dos ubicaciones, menor es la atracción gravitacional.
- ✓ Interacción basada en la masa y la distancia: Determinada por la masa de las ubicaciones y la distancia.
- ✓ Representación matemática: El modelo emplea la fórmula de la ley de gravitación, donde la interacción es proporcional a las masas de las ubicaciones e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambas.

Aplicaciones del modelo:

- ✓ El modelo es empleado con el fin de analizar los flujos comerciales entre diferentes localidades en función a su masa económica y la distancia.
- ✓ Otorgar conocimiento de la influencia de la distribución geográfica de la demanda y la oferta en los flujos comerciales y la ubicación de las actividades económicas.
- ✓ Evaluar el impacto de la apertura de nuevos negocios o mercados (cambios en la masa) y la construcción de infraestructuras de transporte (cambios en distancia).

2.1.3 Modelo de elección del lugar óptimo

El modelo de elección del lugar óptimo considera variables que representan los costos de transporte, costos laborales, costos de la tierra y la proximidad a los mercados, asignándole a cada una de estas un peso según importancia relativa (Isard, 1956).

Las características del modelo son:

- ✓ Variables de localización: Refiere a variables como costos de transporte, costos laborales, costos de la tierra, proximidad de mercados, disponibilidad de recursos, infraestructura existente y las regulaciones gubernamentales.
- ✓ Cuantificación de variables: Las variables son cuantificadas asignándole un valor numérico a través de datos reales o estimaciones.
- ✓ Ponderación de variables Referido al peso asignado a las variables, que refleja su importancia en la elección de la ubicación, estos pesos se basan en la importancia de las variables según las necesidades de la empresa.
- ✓ Función objetivo: Representa la eficiencia o beneficio de la empresa, empleando las variables ponderadas para evaluar y comparar diversas ubicaciones.
- ✓ Análisis comparativo: Es la evaluación de las ubicaciones propuestas a través de la función objetivo.
- ✓ Elección de la ubicación óptima: Aquella ubicación que maximice el valor de la función objetivo se considera la ubicación óptima.

Algunas aplicaciones del modelo son:

- ✓ Empleado en la localización de empresas del tipo industrial, comercial y de servicio.
- ✓ Habilita a la empresa en la toma de decisiones informada sobre la ubicación optima, considerando la interacción de diversas variables.
- ✓ Utilizado por los planificadores urbanos y responsables en la toma de decisiones con el fin de evaluar los resultados de políticas en la localización.

2.1.4 Modelo de localización ponderada

Este modelo considera múltiples factores como la proximidad a los mercados, costos de transportes, disponibilidad de recursos y competencia con otras empresas, asignándole pesos según importancia relativa a cada uno de ellos, para finalmente obtener la ubicación que maximice esta medida, el cual es considerado como la ubicación óptima (Isard, 1956).

Características del modelo de localización ponderada:

- ✓ Factores de localización: Definidos por la disponibilidad de recursos, costos de transporte, costos laborales, infraestructura, acceso a los mercados, proximidad a los proveedores y cliente; y regulaciones gubernamentales.
- ✓ Ponderación de factores: Refiere a los pesos asignados a los factores, estos pesos se basan en datos empíricos, análisis de expertos, preferencias subjetivas de la empresa o una combinación de ellos.
- ✓ Cuantificación de los factores: Definido como la asignación de valores numéricos o categorías a los factores para su posterior análisis y comparación.
- ✓ Función de localización ponderada: Función que combina de una manera lineal ponderada a los factores, también se puede representar con una función no lineal.
- ✓ Análisis comparativo: Refiere a la evaluación y comparación de las ubicaciones utilizando la función de localización ponderada.
- ✓ Elección de la ubicación óptima: Según el objetivo específico de la función, aquella ubicación que genere el máximo o mínimo valor de la mínima es calificada como la ubicación óptima.

Las aplicaciones del modelo son:

- ✓ Empleado en la planificación urbana, ubicación de servicios público o instalaciones de infraestructura.
- ✓ Utilizado por los planificadores y responsables en la toma de decisiones para evaluar y comparar diversas ubicaciones.

2.2. ACCESIBILIDAD

Debido a la complejidad que conlleva la accesibilidad existen distintas definiciones referentes a esta palabra.

Uno de los conceptos indica que la accesibilidad expresa la facilidad con la que una ubicación puede ser alcanzada desde otras ubicaciones, esto conlleva a una oportunidad de contacto e interacción entre orígenes y destinos (Goodall, 1987; Clark, 1990).

Se deben diferenciar las variables objetivas de las subjetivas dentro del concepto de accesibilidad, por ejemplo, para una persona ubicada en la ciudad, una localidad le puede ser cercana o accesible, sin embargo, no será tan accesible para una persona que vive en la parte rural, por lo tanto, es necesario establecer métricas que permitan determinar el grado de accesibilidad de las poblaciones o las localidades. En consecuencia, surgió la discusión acerca del tipo de métrica a utilizar, su forma de cálculo y cantidad de variables consideradas (PCM, 2018).

La variable más usual, de gran conocimiento y aceptación para definir indicadores que midan la accesibilidad ha sido la distancia, la cual es definida como la proximidad o cercanía de dos ubicaciones (PCM, 2018). La distancia puede ser medida de diversas formas, la más común es a través de la distancia métrica referida a kilómetros de recorrido, también es usual considerar el tiempo de desplazamiento, o los costos individuales o colectivos para trasladarse de un lugar a otro (Ramírez, 2006).

Para la obtención de una métrica más completa referida a la accesibilidad ha sido necesario tomar en consideración diversas variables que influyen en el valor de la distancia, a estas métricas que consideran ciertas variables los llamaremos indicadores, según Garrocho y Campos (2006) existen hasta cinco indicadores que pueden medir la accesibilidad.

2.2.1 Indicadores de accesibilidad

Las cinco categorías de los indicadores de accesibilidad son: de separación espacial, de oportunidades acumulativas, de interacción espacial, de utilidad y espacio-temporales (Garrocho & Campos, 2006). En los siguientes párrafos se definen cada uno de estos indicadores.

✓ Indicadores de separación espacial

En términos generales, es el indicador más sencillo, la única variable que utiliza es la distancia que separa a dos ubicaciones (origen y destino) y un parámetro denominado la fricción de la distancia. A través de este indicador se obtiene el promedio de recorridos de los puntos de origen a todos los puntos de destino, utilizando la siguiente fórmula: (Garrocho & Campos, 2006)

$$A_i = \frac{\sum_j dij}{b}$$

Donde A_i es el indicador de accesibilidad expresado en unidades de tiempo o en unidades de longitud, dij es el indicador de los costos de transporte, es decir representa al tiempo o a la distancia de recorrido expresado en unidades de tiempo o longitud respectivamente, y b es el parámetro de la fricción de la distancia o tiempo, definido como la dificultad o facilidad de traslado a través de una superficie debido a características como la pendiente, es adimensional.

La principal limitante de este método es considerar sólo la localización relativa de las ubicaciones y no otras características como disponibilidad del destino, tipo de usuario, entre otros. (Garrocho & Campos, 2006)

✓ Indicadores de oportunidades acumulativas

Este indicador define un umbral de distancia o tiempo de transporte para cada origen e incluye el número de destinos potenciales dentro de este umbral. Está denotado por la siguiente expresión: (Garrocho & Campos, 2006)

$$A_i = \sum_t O_t$$

Donde A_i es el indicador de accesibilidad es adimensional, t es el umbral expresado en unidades de tiempo o de longitud y O_i es un destino que está dentro del umbral, en unidades dimensionales.

Sólo es necesaria la localización de todos los destinos que están dentro del umbral o tiempo establecido. La deficiencia de este indicador es que considera todas las localidades dentro de los límites del umbral igualmente accesibles, por lo cual no evalúa las características espaciales (Garrocho & Campos, 2006).

✓ Indicadores de interacción espacial

Es un indicador más sofisticado que los anteriores debido a que incluye la dimensión de la oferta y los costos de transporte. De manera general está definido de la siguiente forma: (Garrocho & Campos, 2006)

$$A_i = \sum_j \frac{O_j}{d_{ij}^b}$$

Donde A_i es el indicador de accesibilidad expresado en unidades inversas de longitud y tiempo, O_j es la oferta o atraktividad del destino en unidades dimensionales, d_{ij} es el costo de transporte, es decir la distancia o tiempo de recorrido expresado en unidades de longitud o tiempo respectivamente; y b es la fricción de la distancia o tiempo, definido como la

dificultad o facilidad de traslado a través de una superficie debido a características como la pendiente, es adimensional.

La principal limitante del uso de este indicador es que consideran iguales a todos los individuos de un cierto grupo de población, sin embargo, esto aplica para todos los indicadores de accesibilidad que utilice datos agregados a nivel de zona (Handy & Niemeier, 1997).

✓ Indicadores de utilidad

Este indicador, desde el punto de vista económico, se basa en la utilidad individual que genera cada destino a cada usuario, la forma más general para el cálculo es: (Garrocho & Campos, 2006)

$$An = E \left[\frac{MaxUjn}{j \in C} \right] = \ln \sum_{j \in C} \exp(Vjn)$$

Donde, An es la accesibilidad para un individuo n es igual al valor esperado de la utilidad máxima entre todas las alternativas de destino j en el grupo de destinos C . La deficiencia de estos indicadores radica en que no todos los destinos están disponibles para todos los individuos sin embargo no se utilizan restricciones para la elección de destinos (Garrocho & Campos, 2006).

✓ Indicadores espacio temporales

En este enfoque, los indicadores consideran como variables fundamentales a las restricciones temporales de los individuos considerados en el análisis, es decir, se considera que los individuos cuentan con periodos limitados para asistir a las unidades de destino. Para llevar a cabo dicha actividad es necesario considerar tres restricciones fundamentales las cuales son de capacidad (relacionadas con el desempeño humano; en otras palabras, el ser humano necesita un tiempo para cubrir sus necesidades básicas); de sincronía (relacionadas a la necesidad de que un individuo se encuentre en un sitio específico y en un momento determinado para producir, consumir o comerciar; es decir, las hora de trabajo de las unidades de destino); y de autoridad (relacionadas a mandatos superiores, legales,

normativas, reglamentos, por ejemplo, una restricción de circulación impuesta por el gobierno) (Garrocho & Campos, 2006).

La principal limitante a los indicadores espacio temporales es que requiere una aproximación casi individualizada según restricciones que utiliza; por lo que genera una gran dificultad en el análisis a escala agregada (grupos poblacionales, ciudades, centros poblados rurales, entre otros), es por eso que este tipo de análisis es utilizado a nivel de microescala (Bhat et al., 2000).

2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS sus siglas en inglés por *Geographic Information Systems*) han ido evolucionando y madurando migrando de una herramienta hasta una tecnología, y finalmente a un dominio científico denominado Ciencia de la Información Geográfica. Esta ciencia son sistemas basados en computador para la captura, almacenamiento, monitoreo y análisis de la información geográfica (Thill, 2000).

La funcionalidad múltiple otorgada por los GIS lo distingue de antiguas tecnologías, la integración de múltiples funcionalidades en un entorno fluido permite a los usuarios dominar una colección diversa de insumos geográficos. En este aspecto es usual que las organizaciones adopten la tecnología GIS como uno de sus criterios de decisión (Thill, 2000).

Los GIS utilizan dos estructuras para representar la información geográfica los cuales son el formato ráster y el formato vectorial (Winter & Frank, 2000). Como modelos que representan los fenómenos espaciales, ambas representaciones poseen fortalezas y debilidades para describir ciertas condiciones del mundo real (Maffini, 1987).

2.3.1 Representación vectorial

El método vectorial para representar los fenómenos espaciales ha sido a través de la historia el más común, ya que estuvo presente en el desarrollo de la cartografía, la cual se basó en el uso de líneas o *vectores* para representar entidades como caminos y ríos, y para definir los bordes entre diferentes entidades espaciales como el suelo y el agua (Maffini, 1987).

Más adelante se emplearon nuevas entidades geométricas como el polígono y el punto para representar entidades a diferentes niveles de visualización. En la Figura 1 se muestran las tres representaciones básicas vectoriales empleando figuras geométricas.

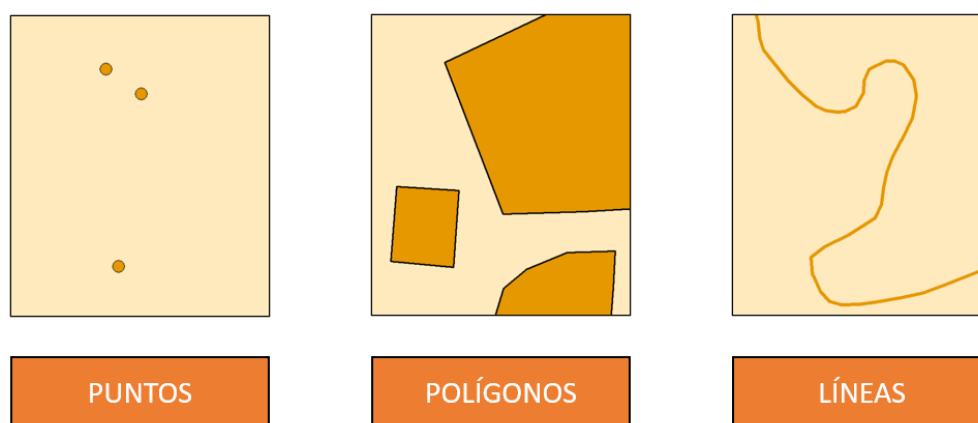


Figura 1: Geometrías utilizadas en representaciones vectoriales

2.3.2 Representación ráster

El formato ráster surgió debido a que, en un principio, las representaciones vectoriales eran ocasionalmente insuficientes para representar la estructura de las entidades cartográficas de manera exacta. La introducción de la fotografía espacial para la elaboración de mapas hizo evidente que gran parte de la realidad no se podía componer de vectores. Es así como después de un avance tecnológico que conllevó a la llegada de las computadoras lograron surgir los datos ráster, este tipo de estructura comenzó a emerger como una alternativa atractiva para ciertos tipos de mapeo (Maffini, 1987).

Un ráster está conformado de píxeles o celdas las cuales contienen valores referidos a las variables que se presentan en ese espacio geográfico delimitado por dicho píxel. En la Figura 2 se muestran algunas representaciones del tipo ráster.

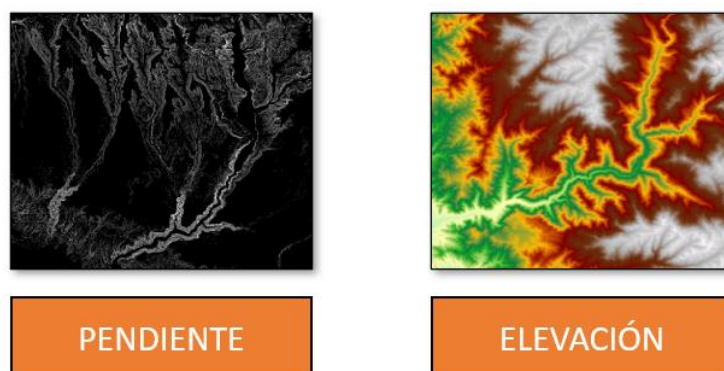


Figura 2: Variables geográficas representadas en formato ráster

2.4. SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)

El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), es el conjunto de carreteras del territorio peruano y está conformado por la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural (D.S. No 017-2007-MTC, 2007).

- **La Red Vial Nacional (RVN)** está conformada por las carreteras que interconectan el ámbito nacional, las cuales son los ejes principales tanto longitudinales y transversales. Además, cumplen funciones como vincular con los países vecinos, interconectar capitales de departamento, facilitar el intercambio comercial interno y externo e interconectar los principales productores con los principales consumidores (Provias Nacional, 2020).
- **La Red Vial Departamental o Regional** está conformada por las carreteras circunscritas al ámbito de un gobierno regional, cumplen la función de articular la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural (D.S. No 017-2007-MTC, 2007).
- **La Red Vial Vecinal o Rural** está conformada por las carreteras circunscritas al ámbito de un gobierno local, cumplen la función de articular las capitales de provincia, con capitales de distrito, y estos con centros poblados o zonas de influencia

local y con la Red Vial Nacional y Red Vial Departamental o Regional (D.S. No 017-2007-MTC, 2007).

2.5. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO

El Reglamento Nacional de Vehículos, divide a los vehículos en categorías, según lo descrito en la Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación por tipo de vehículo.

Categoría	Descripción	Subcategoría	Descripción
L	Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.	L1	Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
		L2	Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
		L3	Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm ³ o velocidad mayor a 50 km/h.
		L4	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm ³ o velocidad mayor de 50 km/h.
		L5	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm ³ o velocidad mayor de 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda una tonelada.
M	Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.	M1	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
		M2	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
		M3	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.
N	Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.	N1	Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.
		N2	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.
		N3	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.
O	Remolques (incluidos semiremolques)	O1	Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.
		O2	Remolques de peso bruto vehicular de más de 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.
		O3	Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas.
S	Clasificación adicional para los vehículos M, N u O con alguna función específica.	SA	Casas rodantes.
		SB	Vehículos blindados para el transporte de valores.
		SC	Ambulancias.
		SD	Vehículos funerarios.

Fuente: MTC (2018)

2.6. RED HIDROGRÁFICA

La Red Hidrográfica está compuesta por los cursos de agua superficiales, los cuales se clasifican según su tipo en ríos y quebradas, distribuyéndose en el territorio peruano en 3 grandes regiones hidrográficas las cuales son Titicaca, Pacífico y Amazonas (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2011)

Los cursos de agua se distribuyen en las diferentes regiones hidrográficas según la Tabla 2.

Tabla 2: Distribución de cursos de agua en las regiones hidrográficas del Perú

Regiones Hidrográficas	Cursos de agua			Total
	Río	Quebrada	Sin denominación	
Titicaca	59	4	5	68
Pacífico	195	212	30	437
Amazonas	107	3	2	112
Total	361	219	37	617

Fuente: ANA (2011)

2.7. CENTRO POBLADO

Es todo lugar dentro del territorio peruano identificado mediante un nombre, el cual debe estar habitado de por lo menos una persona de manera permanente. Las viviendas presentes pueden distribuirse de diferentes formas como contiguas, es decir, formando calles, manzanas, y plazas (ciudades y pueblos); semi-dispersas, como una agrupación de viviendas contiguas (caseríos y anexos); o finalmente totalmente dispersas, como en las zonas agropecuarias. (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019).

2.7.1 Centro poblado urbano

En la Figura 3 se muestra un centro poblado urbano, el cual está definido como todo lugar conformado por una agrupación de 100 viviendas contiguas las cuales generan ameznamientos y calles. Las ciudades que son capital de distrito son consideradas como centro poblado urbano, aun cuando no reúnan la condición señalada (INEI, 2019).

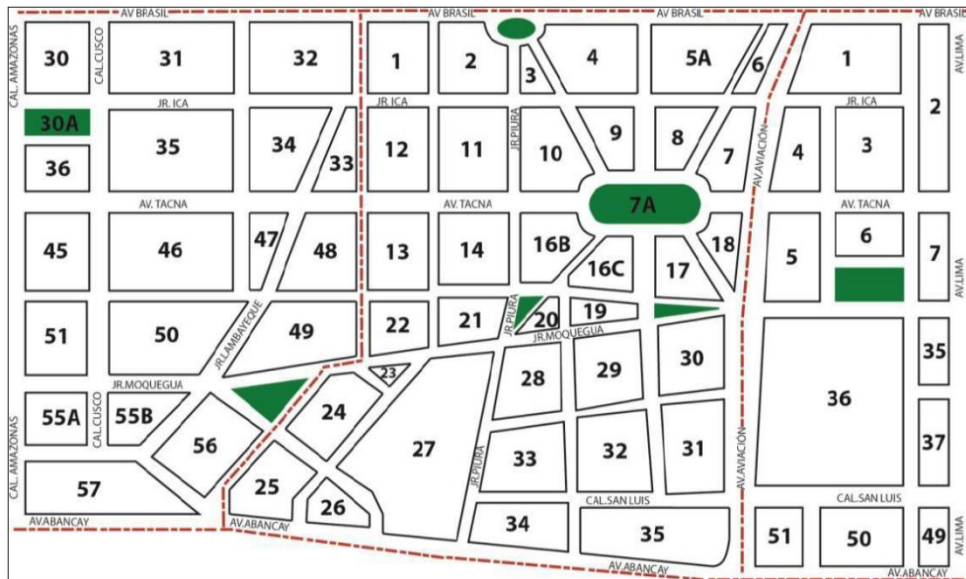


Figura 3: Centro poblado urbano

Fuente: INEI (2019)

2.7.2 Centro poblado rural

Un centro poblado rural es todo lugar conformado por no más de 100 viviendas contiguas, en caso presente más de 100 viviendas estas deben encontrarse semi-dispersas o totalmente dispersas. Además, ninguna capital de distrito puede ser considerada como centro poblado rural. (INEI, 2019)

2.8. ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS BÁSICOS

Se describe como establecimientos de servicios básicos a aquellas infraestructuras que brindan bienestar sobre los hogares y población. Según el MIDIS (2019), en el Perú existen seis tipos de infraestructuras de servicios básicos basados según el servicio brindado.

✓ Agua y Saneamiento

Reduce la proliferación de enfermedades diarreicas, lo cual genera un impacto directo a la morbilidad y mortalidad, disminuyendo además los gastos en salud (MIDIS, 2019).

✓ Electricidad

Incrementa horas de productividad de la población, por lo tanto, genera la posibilidad de mayor ingreso económico a la población (MIDIS, 2019).

✓ Educación

Aumenta el rendimiento del capital humano, por ende, existe la posibilidad de asegurar ingresos más altos y retribuir a la comunidad (MIDIS, 2019).

✓ Salud

Reduce la morbilidad y mortalidad, además incrementa la prevención y promoción de la salud, mejorando a su vez el desempeño de la población en cualquier actividad que realice (MIDIS, 2019).

✓ Telecomunicaciones

Reduce el costo en obtención de información, promoviendo la innovación y creatividad. Esto impacta en la productividad y competitividad, así como la probabilidad de alcanzar mejores ingresos (MIDIS, 2019).

✓ Transporte

Complementa el efecto de mayor acceso a otros servicios como son salud y educación (MIDIS, 2019).

Como objeto del presente estudio, la accesibilidad fue evaluada tomando como referencia centros poblados hacia establecimientos de servicios básicos del tipo educación y salud, debido a que las infraestructuras de salud y educación pueden ser representadas gráficamente a través de puntos.

2.9. ESTABLECIMIENTOS DE SALUD

Las categorías de establecimientos de salud por niveles de atención se clasifican como se describe en la Tabla 3.

Tabla 3: Categorías de los establecimientos de salud

Categoría	Descripción de establecimientos de salud
I-1	<ul style="list-style-type: none">• Puesto de salud, denominado también Posta de Salud (con un profesional de la salud no médico cirujano).• Consultorio de profesional de la salud (no médico cirujano).
I-2	<ul style="list-style-type: none">• Puesto de salud, denominado también Posta de Salud (Con Médico – Cirujano).• Consultorio de profesional de la salud (Con Médico – Cirujano con o sin especialidad).
I-3	<ul style="list-style-type: none">• Centro de Salud.• Centro Médico.• Centro Médico especializado.• Policlínico.
I-4	<ul style="list-style-type: none">• Centro de Salud con camas de internamiento.• Centro Médico con camas de internamiento.
II-1	<ul style="list-style-type: none">• Hospitales con atención general.• Clínicas con atención general.
II-2	<ul style="list-style-type: none">• Hospitales de atención general.• Clínicas de atención general.
II-E	<ul style="list-style-type: none">• Hospitales con atención especializada.• Clínicas de atención especializada.
III-1	<ul style="list-style-type: none">• Hospitales de atención general.• Clínicas de atención general.
III-E	<ul style="list-style-type: none">• Hospitales de atención especializada.• Clínicas de atención especializada.
III-2	<ul style="list-style-type: none">• Institutos de Salud Especializados.

Fuente: Ministerio de Salud [MINSA] (2011)

2.10. INSTITUCIONES EDUCATIVAS

El nivel o modalidad que brindan las instituciones educativas está dividido según lo detallado en la Tabla 4.

Tabla 4: Clasificación de instituciones educativas según nivel

Nivel	Descripción
A1	Inicial Cuna
A2	Inicial Jardín
A3	Inicial Cuna - Jardín
B0	Primaria de Menores
C0	Primaria de Adultos

D0	Educación Básica alternativa
F0	Secundaria de Menores
G0	Secundaria de Adultos
K0	Educación Magisterial - ISP
T0	Educación Superior Tecnológica - IST
M0	Educación Artística: Escuelas
E0	Educación Especial
L0	CETPRO
L1	CEO Industrial
L2	CEO Agropecuaria
L3	CEO Artesanal
L4	CEO Comercial
L5	CEO Academia
L6	CEO Educación Salud
L7	CEO Minería Pesquería
L8	CEO Transportes y Comunicaciones
L9	CEO Otros

Fuente: MINEDU (2008)

2.11. MODELO ACCESIBILIDAD

Según la PCM (2018), esta metodología formaría parte del enfoque de **indicadores de separación espacial** propuesto por Garrocho y Campos (2006), pues la única variable a utilizar es la distancia que separa a los puntos de origen y destino, además de un factor de fricción denominado impedancia.

2.11.1 Parámetros

Son aquellas variables requeridas para la elaboración del modelo. En la construcción del modelo de accesibilidad desarrollado por la PCM (2018) fueron considerados los siguientes parámetros.

✓ Costo Unitario

Refiere al costo del recorrido expresado en tiempo de desplazamiento y cuya unidad de medida es el minuto, es decir, el costo unitario es el tiempo que un individuo tarda en recorrer un metro al trasladarse a través de una superficie (PCM, 2018).

✓ Costo

Como se muestra en la Figura 4, refiere al costo de recorrer una distancia específica en línea recta al interior de una cuadrícula o píxel (celda), es decir, para una distancia “ d ” en metros el valor del costo “ C ” se obtiene al multiplicarlo con el valor del costo unitario “ C_u ” (PCM, 2018).

$$C = C_u * d$$

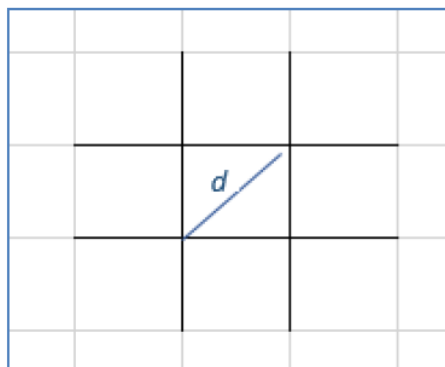


Figura 4: Representación gráfica del costo

Fuente: PCM (2018)

✓ Estructura de datos georreferenciados

El modelo se basa fundamentalmente en el uso de estructuras de datos ráster, el cual se muestra en la Figura 5, representados por un conjunto de celdas o rejilla rectangular de píxeles. En cada una de las pequeñas cuadrículas se almacena información de costos unitarios y en cuanto al costo se obtiene multiplicando el tamaño de píxel con el valor contenido en el mismo (PCM, 2018).

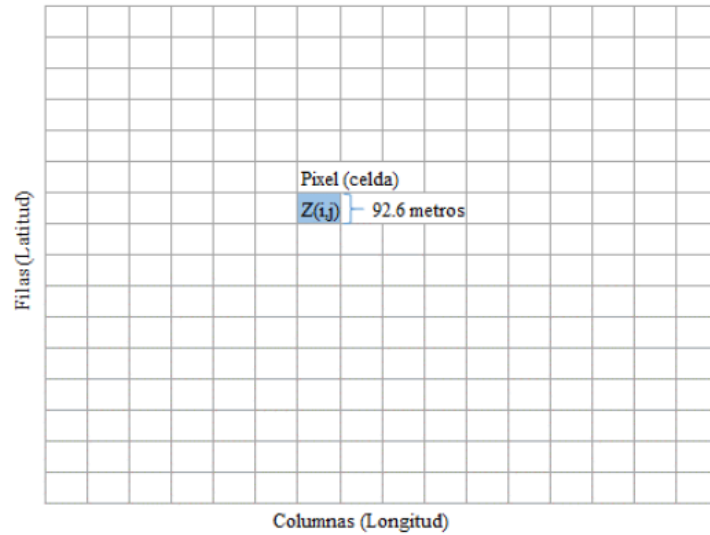


Figura 5: Estructura de datos georreferenciados ráster

Fuente: PCM (2018)

✓ Ruta

La ruta es la composición continua de celdas que conectan un punto de origen y destino. El modelo toma en consideración que la ruta escogida por el individuo es la más eficiente en términos de tiempo (PCM, 2018).

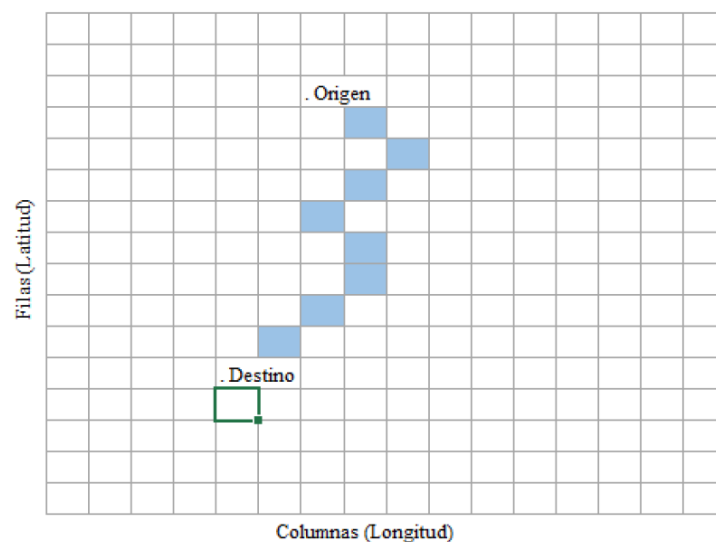


Figura 6: Ruta

Fuente: PCM (2018)

✓ Costo Total

El costo total (CT) es la sumatoria de cada uno de los costos que conforman la ruta. Según la Figura 6, el costo total es la suma de los costos de las 8 celdas de la ruta generada (PCM, 2018).

2.11.2 Superficie de fricción

Son representaciones de la realidad en formato ráster las cuales contienen valores de costo unitario en cada una de sus celdas. Existen 3 tipos de superficie de fricción según cobertura, estas son:

✓ Superficie de fricción hídrica

Construida para el traslado de individuos a través de cuerpos de agua en base a los valores de costo unitario generados a partir de la cobertura hídrica (lagos, océanos, ríos, islas y otros cuerpos de agua) (PCM, 2018).

✓ Superficie de fricción vial

Construida para el traslado de individuos a través de vías en base a los valores de costo unitario generados a partir de la cobertura vial (PCM, 2018).

✓ Superficie de fricción a pie

Construida para el traslado de individuos a través de zonas en donde el único medio de transporte es a pie en base a valores de costo unitario generados por la pendiente del terreno (PCM, 2018).

2.12. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

Métodos y técnicas estadísticas que permiten identificar patrones en los datos.

2.12.1 Diagrama de caja y bigotes (Box plot)

El diagrama de caja y bigotes o *box plot* usa la mediana y los cuartiles 1 y 3 para su construcción.

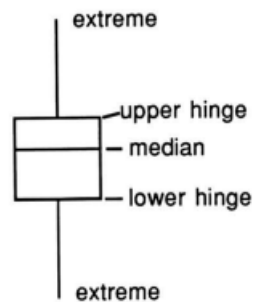


Figura 7: Diagrama de caja y bigotes

Fuente: Simpkins (1989)

Donde, según la Figura 7, los límites de la caja (*upper hinge*, *lower inge*) son los cuartiles 3 y 1 respectivamente. Así mismo, la amplitud o ancho de la caja se define como el **rango intercuartílico (RIQ)** que es la diferencia entre los cuartiles mencionados; y los valores extremos (*extreme*) son aquellos que se encuentren por encima del cuartil 3 más 1.5 el RIQ o por debajo del primer cuartil menos 1.5 el RIQ.

2.12.2 Histograma de frecuencias

El histograma de frecuencias muestra la distribución de los datos a través de barras verticales u horizontales, donde la altura de cada barra representa que tan frecuente es el dato. La Figura 8 muestra un histograma de frecuencias utilizando barras horizontales.

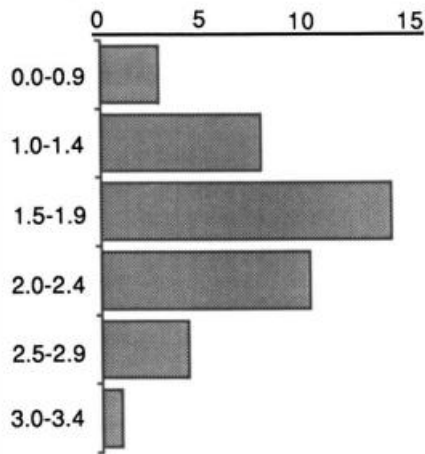


Figura 8: Histograma de frecuencias

Fuente: Simpkins (1989)

2.12.3 Función de densidad

La función de densidad es definida como una versión suavizada del histograma de frecuencia, donde explica la probabilidad de que la variable tome un determinado valor.

2.13. ERROR CUADRÁTICO MEDIO (RMSE)

El error cuadrático medio RMSE, sus siglas en inglés (*Root Mean Square Error*) es una medida estadística empleada en la evaluación de los valores predichos y los valores observados.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y' - y)^2}{n}}$$

Donde $RMSE$ es el error cuadrático medio, y' el valor predicho, y el valor observado y n el número de pares de valores predichos y observados.

2.14. ESTADÍSTICA ESPACIAL

Es una rama de la estadística tradicional que implementa el componente espacial o coordenadas a los datos, es decir utiliza datos georreferenciados.

2.14.1 Mapas de cuantiles

Los mapas temáticos de cuantiles dividen a los datos en un conjunto de categorías (cuantiles) con igual número de observaciones distribuidas en ellas (Chasco, 2001). En la Figura 9 se muestra un mapa de cuantiles.

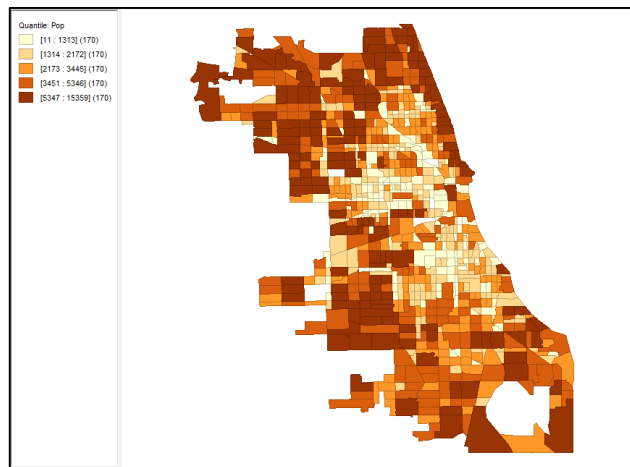


Figura 9: Mapa de cuantiles

Este tipo de mapa no es efectivo cuando la distribución de las variables no es dispersa, es decir, observaciones con valores similares. Por lo tanto, muchas categorías no podrán ser definidas al no lograr asignarles un mismo número de observaciones (Chasco, 2001).

2.14.2 Mapas de desviación típica

Los mapas temáticos de desviación típica agrupan las observaciones según un rango estandarizado definido como el número de unidades de la desviación típica o estándar a partir de la media (Chasco, 2001).

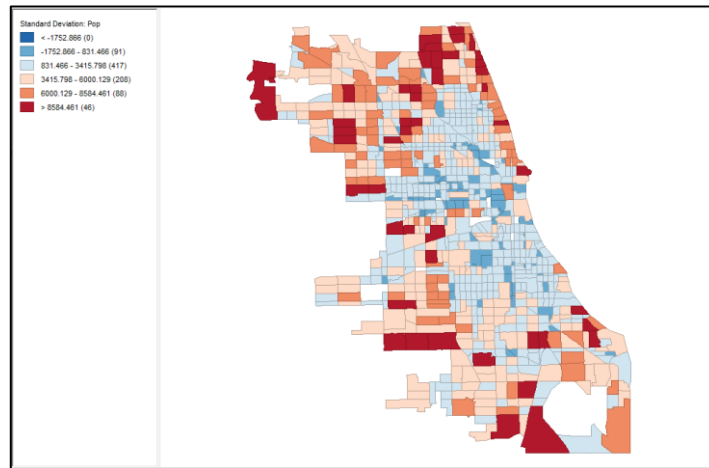


Figura 10: Mapa de desviación típica

2.14.3 Tendencia global de los datos

El análisis de tendencia consiste en determinar la existencia de alguna tendencia direccional de los datos, empleando la herramienta *Trend Analysis* del software *ArcGIS*, la cual permite observar la tendencia espacial global de los datos en una perspectiva tridimensional (Estrada & Moreno, 2013).

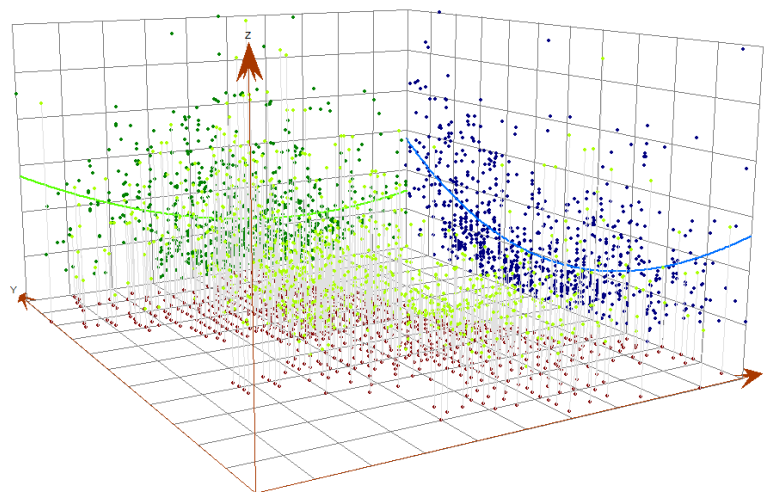


Figura 11: Análisis de tendencia global de los datos

Como se muestra en la Figura 11, las ubicaciones de los registros correspondientes a las entidades geográficas se presentan en el plano xy, la altura proyectada en el eje z corresponde al valor de la variable de estudio. Finalmente, esta altura se proyecta a las superficies Oeste-Este (plano xz) y Norte-Sur (plano yz) (Estrada & Moreno, 2013).

2.14.4 Autocorrelación espacial

La autocorrelación espacial es una métrica de la estadística espacial que relaciona el comportamiento de una variable con respecto a la posición geográfica de los datos, como ejemplo, las viviendas con un estrato económico alto generalmente se encuentran agrupadas, esto genera un comportamiento de autocorrelación espacial, ya que un elemento tiene como vecinos próximos a otros elementos con su mismo valor de variable, en este caso el estrato económico alto. Existen dos índices que miden el nivel de autocorrelación espacial existente, estos son el Índice Global de Moran y el índice Local de Asociación Espacial (LISA).

2.14.5 Índice Global de Moran

Es una medida estadística la cual analiza de forma íntegra las variaciones de autocorrelación espacial entre los valores de los vecinos más cercanos, las cuales pueden clasificarse como **positivo** cuando los valores tienden a agruparse donde el índice toma un valor cercano a +1, **negativo** si los valores se encuentran dispersos para un índice con valores cercanos a -1, y **sin autocorrelación espacial** donde los valores se encuentran dispersos de forma aleatoria con un índice de valor igual a 0 (Hidalgo, 2019).

El Índice Global de Moran se apoya en la siguiente fórmula.

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} W_{ij}} * \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde, I es el valor del Índice de Moran con valores adimensionales entre -1 a +1, n; es el número de unidades geográficas en el territorio, W_{ij} ; es un elemento de la matriz de distancias espaciales la cual cuantifica las relaciones espaciales entre los elementos, x es la variable de interés y \bar{x} es su media (Hidalgo, 2019).

2.14.6 Índice Local de Asociación Espacial (LISA)

El Índice Local de Asociación Espacial (LISA), permite identificar patrones locales de asociación espacial, a través de la descomposición del Índice Global de Moran evalúa la influencia de ubicaciones individuales en la estadística global, esto permite obtener una mejor visualización de los valores analizados a través del uso de software SIG (Hidalgo, 2019).

Mediante indicadores estadísticos de asociación espacial local logra representar aquellas localizaciones con valores significativos, generando una mayor atención en ubicaciones donde existen atípicos espaciales también llamados puntos calientes o *hot spots*, cuya intensidad depende de la significancia asociada de los datos estadísticos analizados. El resultado tangible radica en el mapa de agrupamiento o *clúster* (Hidalgo, 2019).

III. METODOLOGÍA

Como se detalla en la Figura 12, la metodología del modelamiento del tiempo de accesibilidad de la población del distrito de Huayllabamba ha sido dividida en seis etapas, la primera comprende la delimitación o ubicación de la zona de estudio, una etapa referida a la recopilación de insumos, seguido del acondicionamiento de datos recopilados, una subsiguiente etapa correspondiente a la construcción de las superficies de fricción para a continuación entrar a la etapa de la aplicación del algoritmo de costo de distancia y por último la etapa del análisis espacial y estadísticas de población según accesibilidad.

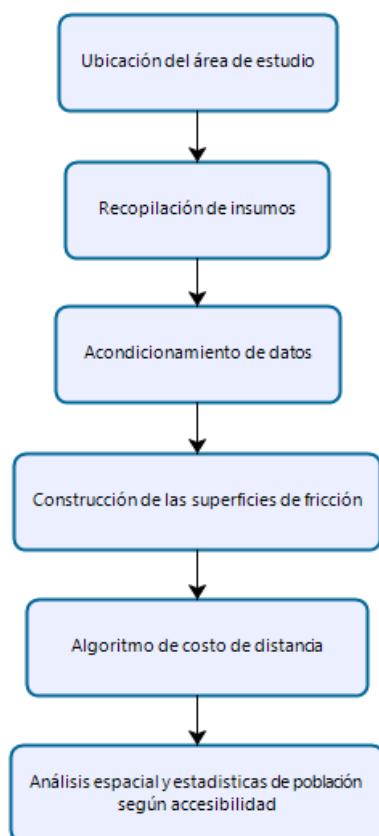


Figura 12: Flujograma de la metodología

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación geográfica

El distrito de Huayllabamba comprende la siguiente extensión territorial:

- ✓ Longitudes: 77°39'28" - 77°24'36" W
- ✓ Latitudes: 8°35'55" - 8°24'17" S

Posee un área aproximada de 277.378 km² con un rango de altitudes entre 1933 msnm y 4418 msnm.

3.1.2 Ubicación política

La zona a investigar está enfocada en el distrito de Huayllabamba que política y territorialmente se encuentra dentro de la provincia de Sihuas, y esta última dentro del departamento de Ancash. Limita por el norte con los distritos de Alfonso Ugarte, Quiches y Chingalpo, al este con la provincia de Pomabamba, por el sur con los distritos de Sicsibamba y San Juan, finalmente al oeste con los distritos de Sihuas y Ragash. Provincialmente se encuentra al centro de Sihuas y a nivel departamental está ubicado al norte de Ancash. La Figura 13 muestra el detalle de la ubicación geográfica a nivel de distrito, provincia y departamento de la zona de estudio.

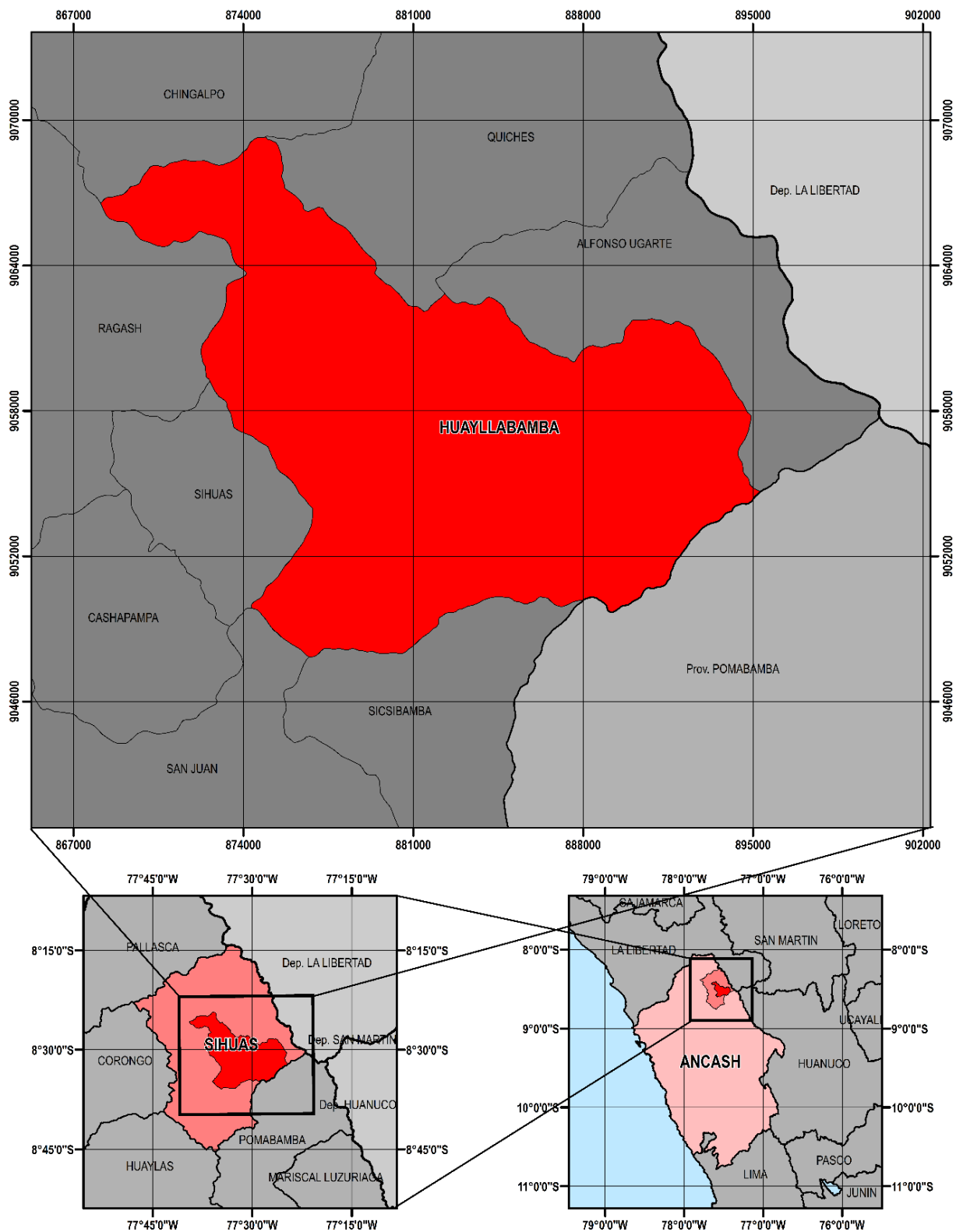


Figura 13: Ubicación geográfica del distrito Huayllabamba

3.2. RECOPIACIÓN DE INSUMOS

Comprende la etapa en la cual se descarga y acopia la información necesaria para la construcción del modelo de accesibilidad. Estos insumos son divididos en dos grandes grupos llamados, insumo cartográfico e insumo ráster.

3.2.1 Insumo ráster

Comprende al producto de datos grillados ALOS-PALSAR (JAXA/METI) cuya fecha de obtención es del 2011 del tipo terreno de alta resolución corregido o su denominación en inglés *High-Res Terrain Corrected*. El modelo de elevación digital cuenta con una resolución de 12.5m y fue obtenido a través del servicio web de *Alaska Satellite Facility* (ASF).

3.2.2 Insumo vectorial

Están comprendidas las representaciones espaciales del tipo vectorial, las cuales fueron utilizadas para la construcción de las superficies de fricción.

✓ Cartografía transporte terrestre por carretera

Referida a la red vial nacional, red vial departamental o regional y red vial vecinal o rural, esta cartografía fue descargada a través de los Geoservicios del MTC.

✓ Cartografía de ejes viales

Representación espacial de vías como calles, avenidas, jirones, caminos y pasajes; que se encuentran presentes dentro de los centros poblados urbanos. La fuente de datos de obtención es la base de datos espaciales del INEI.

✓ Cartografía de la red hídrica nacional

Enmarca a cursos de agua que se encuentren en el territorio nacional, la cual se descargó a través de la infraestructura de datos espaciales – SNIRH proporcionada por la ANA y fue complementada con la información de la base de datos espaciales del INEI.

✓ Cartografía de centros poblados con componente poblacional

Se obtuvo la información espacial y poblacional de los centros poblados pertenecientes al área de estudio a través del Sistema de Consulta de Centros poblados del INEI.

✓ Cartografía de establecimientos de salud y educación

Los establecimientos educativos fueron recopilados a través de la base de datos de la Unidad de Estadística Educativa (ESCALE) del Ministerio de Educación, donde se encuentra el Padrón de Instituciones Educativas, la base empleada para el área de estudio se encuentra en el Anexo 1. Por otro lado, los establecimientos de salud fueron recopilados a través del Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (RENIPRESS) de la Superintendencia Nacional de Salud (SUSALUD) del Ministerio de Salud, la base empleada para el área de estudio se encuentra en el Anexo 2.

Los insumos fueron recopilados en una base de datos espacial, para su posterior acondicionamiento que fue realizado en software GIS.

3.3. ACONDICIONAMIENTO DE DATOS

La presente etapa comprende la edición, corrección y/o validación del componente espacial de los insumos cartográficos recopilados en la subsección 3.2.2.

3.3.1 Actualización cartográfica

Esta subetapa se enfocó exclusivamente en la cartografía de transporte terrestre por carretera, es decir, de la red vial de carreteras.

Básicamente, se buscó conectar de manera directa a aquellos centros poblados sin conexión con ayuda del software Google Earth Pro, es decir, en casos de presencia de red vial sin representación abstracta se procedió a la vectorización de las mismas, además de caracterizar la superficie vial basado en una inspección visual de la imagen satelital.

3.3.2 Validación topológica

A diferencia de los datos ráster, la cartografía vectorial es generada, en su mayoría, por los usuarios de forma manual, basados en dicha premisa, es necesario validar las relaciones

existentes entre las geometrías, este procedimiento fue denominado como validación topológica.

Los insumos cartográficos vectoriales validados fueron la red vial de carreteras, la red hídrica y los ejes viales, cuyas características principales evaluadas fueron continuidad y superposición completa o parcial.

- ✓ No debe superponerse (*Must not overlap*)

Las entidades de tipo línea no deben superponerse a ninguna parte de otra línea. Las intersecciones están permitidas (ESRI, 1995 - 2022). Las Figuras 14 y 15, muestran este conflicto y los errores, respectivamente.



Figura 14: Superposición de entidades tipo línea

Fuente: ESRI (1995 - 2022)



Figura 15: Errores en la superposición de entidades tipo línea

Fuente: ESRI (1995 - 2022)

La solución en estos casos es eliminar los segmentos de línea superpuestos en la entidad (ESRI, 1995 - 2022).

- ✓ No deben quedar nodos colgados (*Must not have dangles*)

Los extremos de línea deben de tocar alguna parte de otra línea su misma entidad. Esta regla es utilizada para conectar las líneas de una con otra (ESRI, 1995 - 2022). Las Figuras 16 y 17, muestran este conflicto y los errores, respectivamente.



Figura 16: Nodos o extremos de línea colgados en entidades tipo línea

Fuente: ESRI (1995 - 2022)

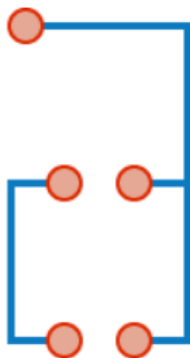


Figura 17: Errores en los nodos o extremos de línea colgados en entidades tipo línea

Fuente: ESRI (1995 - 2022)

Existen tres soluciones predefinidas las cuales son **extender**, extiende los nodos a otras entidades de línea en una distancia dada, **cortar**, corta la entidad tipo línea si la intersección

se encuentra en una distancia definida, y **alineal**, alinea las entidades de línea a las entidades de línea más cercanas dentro de una distancia dada (ESRI, 1995 - 2022).

3.4. CONSTRUCCIÓN DE LAS SUPERFICIES DE FRICCIÓN

La metodología de accesibilidad a emplear considera tres superficies de fricción estas son la superficie a pie, superficie vial y superficie hídrica.

3.4.1 Superficie de fricción hídrica

- ✓ Asignación de costos unitarios para la superficie de fricción hídrica

Los costos unitarios fueron asignados a las entidades de la capa hidrográfica. Para esto, se ingresó el valor del costo unitario para cada registro, de acuerdo al detalle de la Tabla 5.

Tabla 5: Detalle de asignación de costos unitarios a la capa vectorial de la superficie hídrica

Elemento	Consideración	Velocidad asignada	Costo unitario (minutos por metro recorrido)
Lagos y océanos	Se consideran intransitables. En ese sentido, las rutas generadas por el modelo considerarán a estos elementos como barreras, por lo que el modelo “buscará” bordearlas.	0.000006 km/h	9999
Ríos y quebradas	Se considera que los ríos y quebradas son transitados a pie.	1 km/h para ríos y 2 km/h para quebradas, respectivamente	0.06 para ríos y 0.03 para quebradas
Ríos poligonales	Se consideran navegables, a través del medio de transporte más habitual (peque peque).	10 km/h	0.006
Islas	Se considera que el tránsito es a pie.	2 km/h	0.03

Fuente: PCM (2018)

Este procedimiento se realizó con la ayuda de una función de asignación de costos elaborada en Python con el fin de simplificar y evitar realizar un procedimiento manual.

- ✓ Construcción de la superficie de fricción hídrica

Con los valores de costos unitarios en cada uno de los elementos de la capa vectorial hidrográfica, se procedió a convertir el vector en un ráster cuyo valor de pixel es el costo unitario y tiene un tamaño de celda igual al valor del DEM (12.5 x 12.5 m).

3.4.2 Superficie de fricción vial

- ✓ Asignación de costos unitarios para la cobertura vial

Al igual que en la capa vectorial hídrica, se imputó el costo unitario a cada uno de los elementos de la capa vectorial vial de acuerdo al detalle señalado en la Tabla 6.

Tabla 6: Detalle de asignación de costos unitarios a la superficie de vías

Fuente	Tipo de vía	Consideración	Velocidad asignada	Costo unitario (minutos por metro de recorrido)	Tipo de superficie
MINEDU	Asfaltado	Se considera transitable en el medio más habitual (carro).	60 km/h	0.001	1
	Afirmada	Se considera transitable en el medio más habitual (carro).	30 km/h	0.002	2
	Trocha	Se considera transitable en el medio más habitual (carro).	15 km/h	0.004	3
	Sendero	Se considera que el tránsito es a pie.	3 km/h	0.02	4
MTC	Asfaltada	Equivale a asfaltadas en data del MINEDU.	60 km/h	0.001	-
	Asfaltada económica		40 km/h	0.0015	-
	Afirmada	Equivalente a afirmadas en data del MINEDU.	30 km/h	0.002	-
	Sin afirmar	Entre trocha y afirmado.	20 km/h	0.003	-
	Trocha	Equivalente a trocha MINEDU.	15 km/h	0.004	-

Fuente: PCM (2018)

Este procedimiento se realizó con la ayuda de una función de asignación de costos elaborada en Python con el fin de simplificar y evitar realizar un procedimiento manual.

✓ Construcción de la superficie de fricción vial

En este proceso a diferencia de la construcción de la superficie hídrica, es necesario un paso previo que refiere a introducir el factor de impedancia el cual depende de las pendientes en cada tramo de la superficie vial.

El factor de impedancia se define como la dificultad de recorrido de una superficie, su valor depende del valor de la pendiente y de la variable a aplicar. Ejemplificando en el caso del tiempo, recorrer una superficie con mayor pendiente requerirá más tiempo que recorrer una con menor pendiente, por lo tanto, el factor de impedancia es para la variable tiempo mayor o igual a 1, aumentando a mayor pendiente; caso contrario para la velocidad, esta se reduce al recorrer una superficie con mayor pendiente por lo tanto el factor de impedancia es menor o igual a 1, disminuyendo a mayor pendiente.

En primera instancia, se construyó un ráster de pendientes a partir del modelo de elevación digital. Luego, dicho ráster sirvió para introducir los valores de pendiente en cada tramo de vía para finalmente añadir el factor de impedancia según sea el valor de la pendiente de cada sección vial (Tabla 7).

Tabla 7: Factores de impedancia según la pendiente

Fuente	Pendiente (%)	Factor de impedancia para la velocidad (km/h)	Factor de impedancia para el costo unitario (minutos por metro de recorrido)	Resultado
	< 10	1	1	El valor 1 no se considera como impedancia. La velocidad no se reduce.
MTC	≥ 10 & < 20	0.9	100/90	La velocidad se reduce en 10%
	≥ 20 & < 30	0.8	100/80	La velocidad se reduce en 20%
	≥ 30	0.7	100/70	La velocidad se reduce en 30%

MINEDU (vías asfaltadas, afirmadas y trochas)	< 10	1	1	El valor 1 no se considera como impedancia. La velocidad no se reduce.
	>= 10 & < 20	0.8	100/80	La velocidad se reduce en 20%
	>= 20 & < 30	0.6	100/60	La velocidad se reduce en 40%
	>= 30	0.4	100/40	La velocidad se reduce en 60%
MINEDU (senderos)	< 10	1	1	El valor 1 no se considera como impedancia. La velocidad no se reduce.
	>= 10 & < 20	0.9	100/90	La velocidad se reduce en 10%
	>= 20 & < 30	0.8	100/80	La velocidad se reduce en 20%
	>= 30	0.7	100/70	La velocidad se reduce en 30%

Fuente: PCM (2018)

El valor de impedancia se utilizó para *castigar* (multiplicar) los valores de costos unitarios obtenidos en el procedimiento anterior. Dichos resultados fueron los valores representativos de cada pixel del ráster de superficie vial.

3.4.3 Superficie de fricción a pie

- ✓ Asignación de costos unitarios para el traslado de un individuo o persona a pie en una zona donde no existen caminos

Con el objetivo de determinar el costo del movimiento a pie de una persona, se requiere un mecanismo que permita el modelamiento de este traslado. Para ello, se utilizó la función de Tobler, que relaciona la pendiente del terreno con la velocidad de movimiento a pie de los humanos. La fórmula obtuvo como resultado el costo unitario, en minutos de recorrer un metro de la grilla generada:

$$t_{\text{minutos}} = \frac{1}{60e^{-3.5\left|\frac{S}{100}+0.05\right|}}$$

Donde S es el valor de la pendiente expresada en porcentaje, además según Vilanou, Muñoz y Pérez (2010) si el desplazamiento es fuera de caminos (trochas) se deberá multiplicar la velocidad resultante por 3/5, en este caso fue una división debido a que es un cálculo en función del tiempo.

Se utilizó el ráster de pendientes para generar el ráster de superficie a pie cuyo valor de píxel fue caculado aplicando la función descrita junto con el factor de impedancia 5/3.

3.5. ALGORITMO DE COSTO DE DISTANCIA

La superficie de fricción resultante que determina los costos unitarios de desplazamiento, es una capa que combina las distintas superficies obtenidas en los pasos anteriores. Para obtenerla, las tres superficies de fricción deben encontrarse en el mismo sistema de coordenadas (ESPG: 3395) y contar con una profundidad de píxel igual a 64bit, para que finalmente se realice la exportación en formato .TIFF.

Empleando el software *QGIS with GRASS* y haciendo uso de la herramienta *r.series* se integraron las tres superficies de fricción obteniendo la superficie de fricción integrada.

A partir de la superficie de fricción integrada es posible calcular el tiempo en minutos para desplazarse desde cualquier punto del espacio hasta un determinado centro o punto del destino. Dada la continuidad del espacio, es posible obtener infinitas rutas que conectan al punto destino. Sin embargo, para ello es necesario considerar una única ruta en la que el tiempo de desplazamiento sea el menor de todos (PCM, 2018). Para esto, el software *QGIS with GRASS* cuenta con la herramienta *r.cost* la cual aplica estos algoritmos de costo – distancia que permiten obtener una ruta y su correspondiente tiempo de desplazamiento de forma optimizada a partir de una superficie de costo o más conocida como superficie de fricción integrada.

El algoritmo costo de distancia calcula a partir del punto o puntos de partida los costos acumulativos o costos totales de las celdas adyacentes, la celda con el costo acumulativo más bajo es seleccionada para calcular los costos de sus celdas vecinas de manera progresiva hasta llegar al punto de parada.

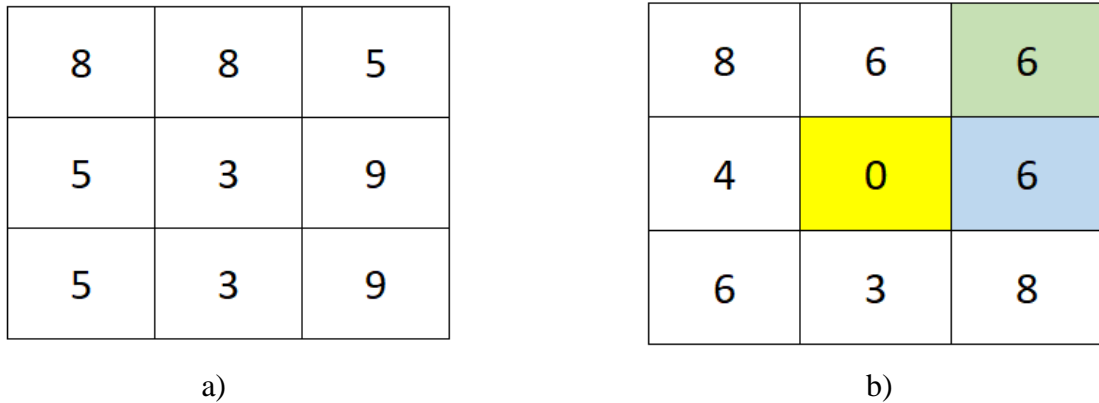


Figura 18: a) Superficie de fricción integrada. b) Modelo de costos

La Figura 18a representa al ráster de entrada que contiene los costos unitarios de cada celda, este insumo fue necesario para la aplicación del algoritmo de costo de distancia, el cual tiene como resultado al modelo de costes acumulativos representado por la Figura 18b. El pixel resaltado de amarillo representa el punto de partida en el algoritmo donde inicialmente tenía un coste unitario de 3, para que un individuo alcance el pixel celeste el algoritmo considera el valor de la semisuma del costo unitario del pixel de partida y del pixel de llegada. según la ruta detallada en la Figura 19.

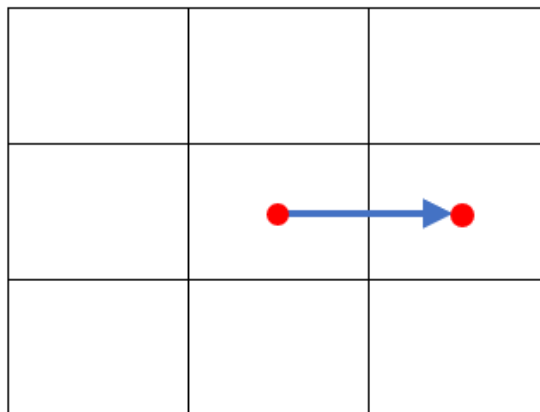


Figura 19: Ruta generada para el pixel resaltado de celeste

$$CT = 3 * 0.5 + 9 * 0.5 = 6$$

Por otro lado, existen movimientos diagonales permitidos por el algoritmo, el cual es necesario para alcanzar el píxel resaltado de verde, el cálculo es a través de la semisuma de

ambos costos unitarios multiplicados por la raíz cuadrada de 2, según la ruta detallada en la Figura 20.

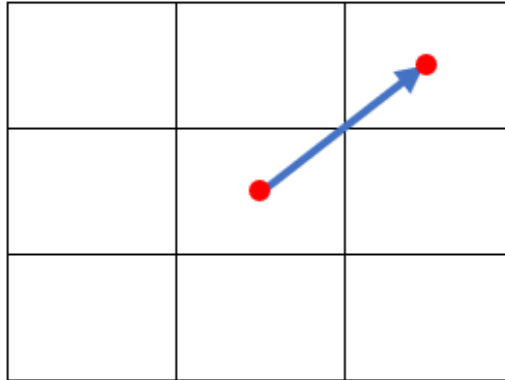


Figura 20: Ruta generada para el pixel resaltado de verde

$$CT = (3 + 5) * 0.5 * \sqrt{2} = 5.66 \approx 6$$

Ejemplificando el trazo de rutas generado por el algoritmo de costo de distancia se utilizan las Figuras 21a y 21b. Para lo cual la superficie de fricción o modelo de costos unitarios posee una columna más de celdas, donde el pixel resaltado de amarillo representa el punto inicial en el modelo resultante o de costos acumulativos y se desea alcanzar la posición del pixel celeste.

8	8	8	5
1	5	3	9
2	5	3	9

a)

12	8	6	6
7	4	0	6
9	6	3	8

b)

Figura 21: a) Modelo de costos unitarios. b) Modelo resultante (costos acumulados).

Inicialmente el algoritmo genera el traslado del pixel partida al pixel verde debido a que cuenta con un menor costo acumulado en comparación con el pixel rojo, siendo ambos puntos evaluados por ser vecinos del pixel destino.

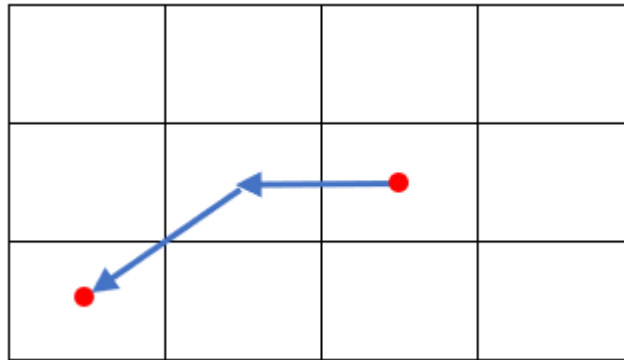


Figura 22: Ruta generada para el pixel resaltado de celeste

$$CT = 4 + (5 + 2) * 0.5 * \sqrt{2} = 8.95 \approx 9$$

Al valor del costo acumulativo del pixel verde (4) se le añade la semisuma del costo unitario del pixel verde (5) y del pixel celeste (2) multiplicado por la raíz cuadrada de 2.

Se utilizó la herramienta *r.cost* tantas veces como el número de centros poblados presentes en el área de estudio, para cada uno de los ráster generados, el valor del pixel es el acumulado de cada una de las celdas tomando en cuenta que es la ruta óptima, por lo tanto, para obtener el tiempo requerido se multiplicó el valor de la celda por el tamaño de píxel. Este ráster fue utilizado para elaborar los mapas de desplazamiento. Finalmente, se extrajeron los valores de tiempo utilizando los puntos de interés (establecimientos de salud y educación) para cada uno de los ráster de los diferentes centros poblados del área de estudio.

La evaluación del modelo se basó en el cálculo del RMSE, en donde, empleando los valores de tiempo presentes en la base de datos de tracks (valor observado) y el tiempo del modelo de accesibilidad (valor predicho) se empleó este cálculo.

3.6. ANÁLISIS ESPACIAL Y ESTADÍSTICAS DE POBLACIÓN SEGÚN ACCESIBILIDAD

Los valores de tiempo obtenidos en cada uno de los establecimientos de salud y educación sirvieron como insumo para el análisis espacial y estadísticas de población según accesibilidad de cada centro poblado, para esto se añadió el valor de tiempo mínimo a la institución educativa más cercana (independientemente de su categoría) y el tiempo mínimo a la institución educativa más cercana según tipo, de igual manera para los establecimientos de salud y según su categoría, a cada uno de los centros poblados. Para esto se emplea un código en Python presente en el Anexo 3.5. En el análisis se emplean la división de los establecimientos según la Tabla 8.

Tabla 8: Establecimientos de servicio básico presentes en el área de estudio

Establecimiento de servicio básico	Categoría	
	Código	Descripción
Salud	IS	Establecimiento de salud
	I-1	Establecimiento de salud tipo I-1
	I-2	Establecimiento de salud tipo I-2
	I-3	Establecimiento de salud tipo I-3
Educación	IE	Institución educativa
	A2	Institución educativa nivel Inicial - Jardín
	A5	Institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado
	B0	Institución educativa nivel Primaria
	F0	Institución educativa nivel Secundaria
	L0	Institución educativa nivel Técnico Productiva

El análisis se basa en utilizar esta división por las diferencias presentes en cada uno de los establecimientos según su categoría, las principales diferencias se describen en la Tabla 9 y la Tabla 10.

Tabla 9: Características principales de los establecimientos de salud

Categoría del establecimiento de salud	Características principales
I-1	Cuentan con profesionales de la salud, más no tienen médicos cirujanos. Realiza servicios de salud familiar, ambiental, prevención de cáncer, toma de muestras, atención con medicamentos y de partos.
I-2	Cuentan con profesionales de la salud y médicos cirujanos con o sin especialidad. Además de los servicios brindados por el I-1, tiene intervenciones de cirugía y diagnóstico precoz de cáncer.
I-3	Cuentan con profesionales de la salud y médicos cirujanos con o sin especialidad. Además, servicios brindados por el I-2, tiene servicios de radiología dental y laboratorio dental.

Fuente: Ministerio de Salud [MINSA] (2011).

En resumen, los establecimientos de salud de categoría I-2 y I-3 son de mayor importancia en comparación a los de categoría I-1, debido a que este último no cuenta con médicos cirujanos y al servicio de intervenciones de cirugía. Además, entre las categorías I-2 y I-3 existe una diferencia, menor, por los servicios que brinda este último en salud dental.

Tabla 10 : Características principales de las instituciones educativas

Categoría de la institución educativa	Características principales
A2	Educación básica regular que atiende a niños de 3 a 5 años en forma escolarizada, es decir, es necesaria la asistencia del alumno al centro educativo.
A5	Educación básica regular que atiende a niños de 3 a 5 años en forma no escolarizada, es decir, no es necesaria la asistencia en un lugar u horario definido.
B0	Educación básica regular dirigida a estudiantes de 6 a 11 años (aproximadamente), teniendo una duración total de 6 años que comprende del primer al sexto grado de primaria.
F0	Educación básica regular dirigido a menores y adultos, teniendo una duración de 5 años.
L0	Educación orientada a la adquisición y desarrollo de competencias laborales y prioriza atención a la población de menores recursos.

Fuente: INEI (2016)

Según lo detallado en la Tabla 10, las principales instituciones educativas son las de categoría A2, B0 y F0, por ser parte de la Educación Básica Regular, como complemento se tienen las instituciones L0 orientadas a la correcta inserción en el mercado laboral, pero no necesaria, y finalmente la institución tipo A5, la cual, por naturaleza no escolarizada, es flexible respecto a la asistencia.

Finalmente, el análisis se basó en diez mapas temáticos, donde se clasifican los centros poblados según tiempo mínimo al establecimiento de servicio básico en estudio; distribuidos en cuatro del tipo salud y seis de educación.

3.6.1 Mapas de cuantiles

Se elaboraron mapas de cuantiles, en donde se empleó la representación vectorial tipo punto de los centros poblados clasificados en cuatro intervalos de colores. Los límites superiores e inferiores de los intervalos están en función a la distribución equitativa de registros por clase de la variable tiempo mínimo (en minutos) al establecimiento de servicio básico en estudio. Además, se generaron tablas de distribución de población y descripción de centros poblados según intervalo.

La cantidad de mapas y tablas elaborados es igual al número de categorías de establecimientos descritas en el Ítem 3.6.

3.6.2 Mapas de desviación típica

Se elaboraron mapas de desviación típica, en donde se empleó la representación vectorial tipo punto de los centros poblados clasificados en intervalos de colores. Los límites superiores e inferiores de los intervalos están en función a la media y desviación típica de la variable tiempo mínimo (en minutos) al establecimiento de servicio básico en estudio. Además, se generaron tablas de distribución de población y descripción de centros poblados según intervalo.

La cantidad de mapas elaborados es igual al número de categorías de establecimientos descritas en el Ítem 3.6.

3.6.3 Tendencia global de los datos

Utilizando el componente espacial de los centros poblados en el plano XY, y la variable tiempo mínimo (en minutos) al establecimiento de servicio básico como componente Z, se

generaron los gráficos con perspectiva tridimensional para el análisis de tendencia global de la variable en estudio.

La cantidad de gráficos elaborados es igual al número de categorías de establecimientos descritas en el Ítem 3.6.

3.6.4 Autocorrelación espacial

La autocorrelación espacial consiste en el cálculo del Índice Global de Moran y del Índice Local de Asociación Espacial (LISA) con el fin de analizar el comportamiento espacial de la variable tiempo mínimo a los establecimientos de servicio básico.

En primera instancia, se obtiene valor del Índice de Moran y el p-valor (p-value) respectivo para cada una de las categorías de establecimientos de servicio básico. Donde, el valor índice indica el tipo de distribución que tienen los datos y el p-valor su significancia. Esto fue representado la Tabla 30.

Por otro lado, el índice local, z-score y el p-valor son calculados para cada uno de los centros poblados. Estos valores calculados junto con la media de la variable tiempo mínimo se utilizaron para obtener los valores de clúster (alto-alto, bajo-bajo, alto-bajo y bajo-alto). Finalmente, los valores de clúster sirvieron para la elaboración de mapas de clúster LISA para las categorías de establecimiento de servicio básico que cuenten con un nivel significativo del Índice de Moran, donde, se considera significativo cuando el p-valor es menor a 0.01.

El procedimiento del cálculo de los parámetros del Índice Global de Moran y del Índice Local de Asociación Espacial se encuentra presente en un código en R presente en el Anexo 3.6.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente sección se muestran, interpretan y analizan: previo al modelo, la distribución del tiempo para las superficies de fricción (vial, hídrica, a pie e integrada) a través de diagrama de caja y bigotes, histograma de frecuencias y gráfico de densidad; además los resultados obtenidos finalizado el modelamiento del tiempo de accesibilidad de la zona de estudio, donde el primer vistazo al modelo de accesibilidad es presentado a través del mapa de tiempo de desplazamiento de los centros poblados, el cual se utiliza como insumo para la elaboración del mapa de cuantiles, de desviación estándar y el análisis de tendencia global. Estos resultados permiten realizar un análisis más certero con respecto a la evaluación de la variable tiempo, los posibles patrones espaciales que puede poseer y la distribución poblacional. Finalmente, se emplea el uso de indicadores de autocorrelación espacial como el Índice Global de Moran y LISA para afirmar si los patrones espaciales son estadísticamente significativos o aleatorios.

4.1. SUPERFICIE DE FRICCIÓN

Definida como representaciones espaciales del tipo ráster que contienen en sus celdas valores de tiempo por metro de recorrido, estas se dividen en la superficie de fricción vial, hídrica, a pie e integrada. Donde el valor presente en sus celdas es construido en base a características propias de la superficie.

Como evaluación de la construcción de las superficies de fricción y previo a la presentación de los resultados del modelo se presentan las distribuciones del tiempo según superficie.

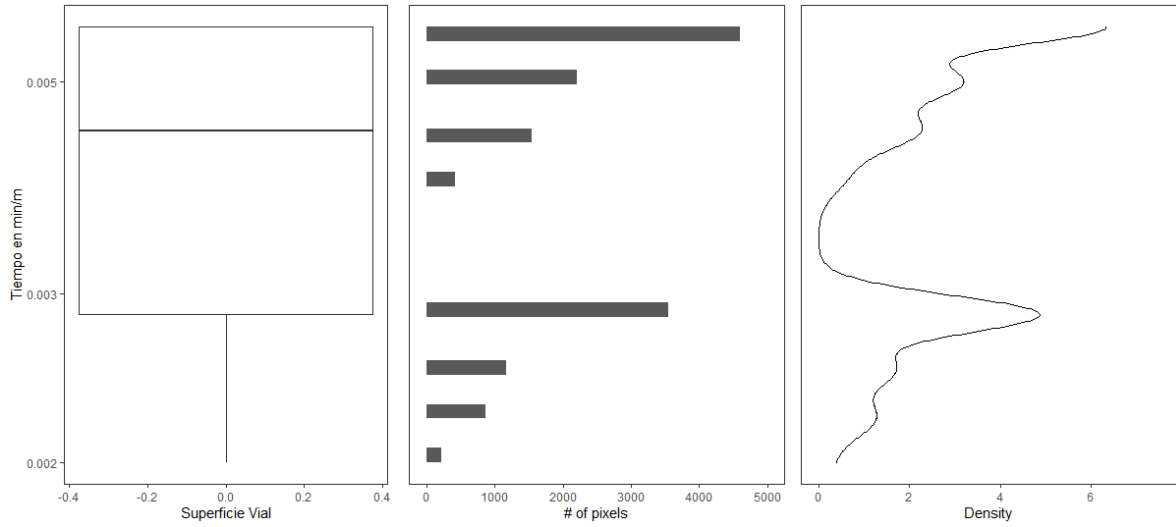


Figura 23: Distribución del tiempo en la superficie de fricción vial

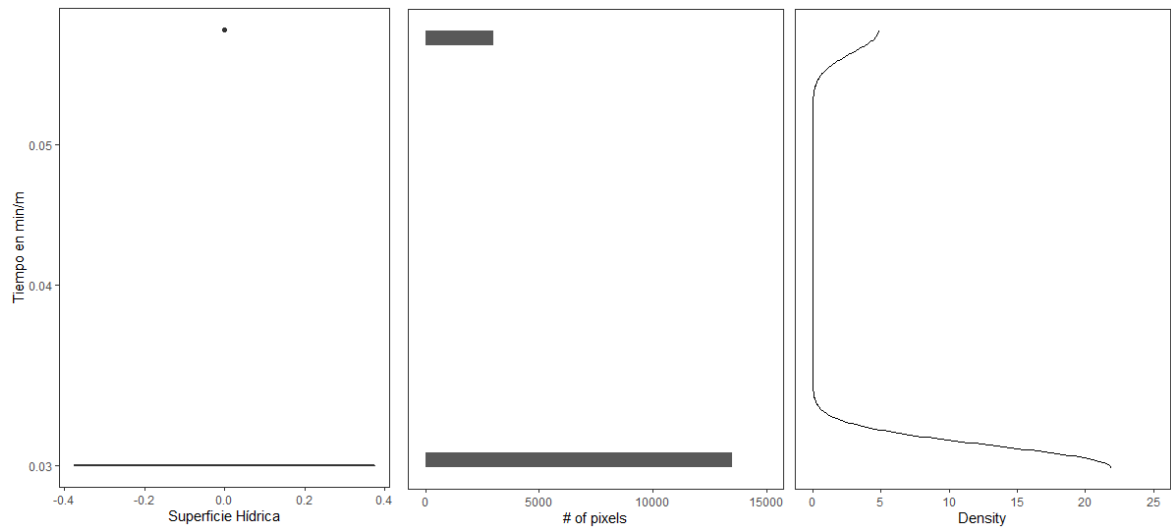


Figura 24: Distribución del tiempo en la superficie de fricción hídrica

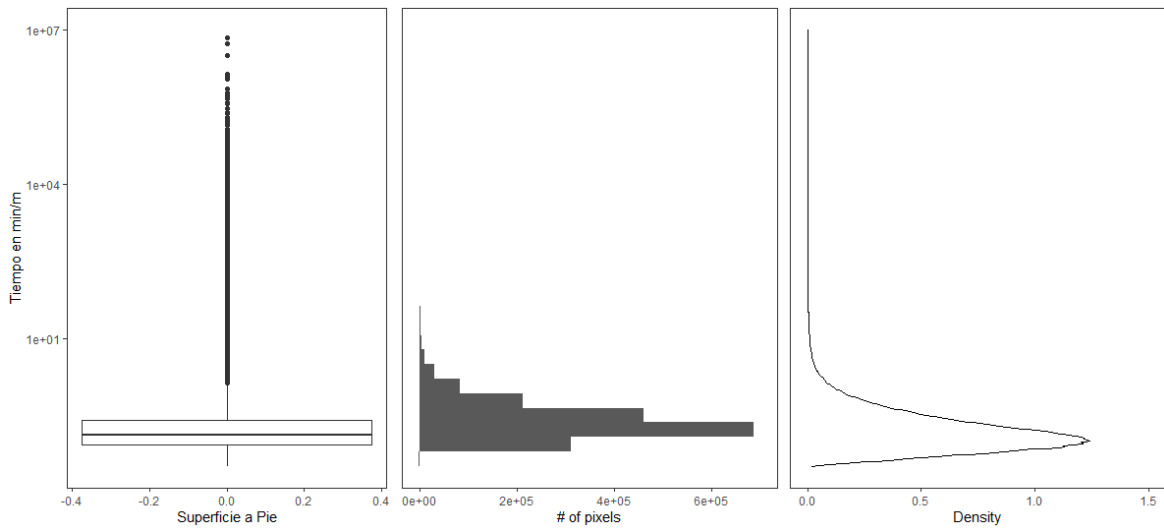


Figura 25: Distribución del tiempo en la superficie de fricción a pie

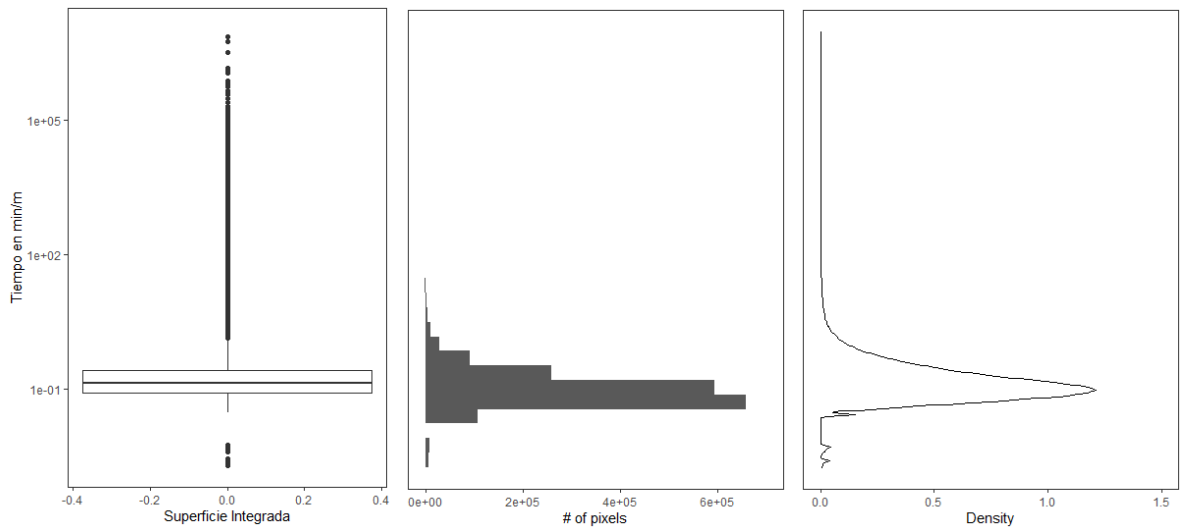


Figura 26: Distribución del tiempo en la superficie de fricción integrada

El análisis exploratorio de datos para las superficies de fricción vial e hídrica muestran que el tiempo se distribuye no en un solo pico, sino, en dos (0.03 a 0.06 para hídrica; y aproximadamente 0.003 y 0.005 para vial) donde la relación es de 1 a 2 en valores de tiempo.

Por otro lado, la superficie de fricción integrada posee una distribución muy similar a la obtenida en la superficie de fricción a pie, en ambos los valores de tiempo están distribuidos

hacia abajo, sin embargo, existen ligeras diferencias, como la presencia de valores extremos en la zona inferior del diagrama de caja de la superficie de fricción integrada.

4.2. MAPA DE TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO

Los elementos que definen al mapa de tiempo de desplazamiento son la superficie de fricción integrada, definida en el Ítem 3.5, y las coordenadas de origen, en este caso, los centros poblados del área de estudio. Este ráster generado contiene en cada uno de sus píxeles el costo (tiempo) requerido para llegar a cada uno de ellos, tomando como punto de inicio las coordenadas de origen.

La Figura 27 muestra el mapa de tiempo de desplazamiento tomando como origen las coordenadas del centro poblado Huayllabamba. En este ráster se puede apreciar que la tonalidad blanca se encuentra predominante a lo largo de la infraestructura vial, lo cual indica valores bajos de tiempo requerido en minutos del centro poblado a dichos píxeles. Por otro lado, al alejarse de la infraestructura vial se puede apreciar que la tonalidad de los píxeles va cambiando a marrón, amarillo y verde, exhibiendo que existen valores mayores de tiempo, debido al tipo de desplazamiento realizado por el usuario (a pie) y las características de la topografía.

Se elaboraron 33 mapas de tiempo de desplazamiento, tomando como insumos a la superficie de fricción integrada y como origen de coordenadas a los centros poblados del ámbito de estudio, los cuales se encuentran en el Anexo 4.

Así mismo, en la evaluación del modelo, el cálculo del error cuadrático medio fue de 7.5, considerando que la presente herramienta puede emplearse en la toma de decisiones complementándose con otros estudios, este error es un valor aceptable considerando que el valor predicho estará en promedio 7.5 minutos por encima o por debajo del tiempo real.

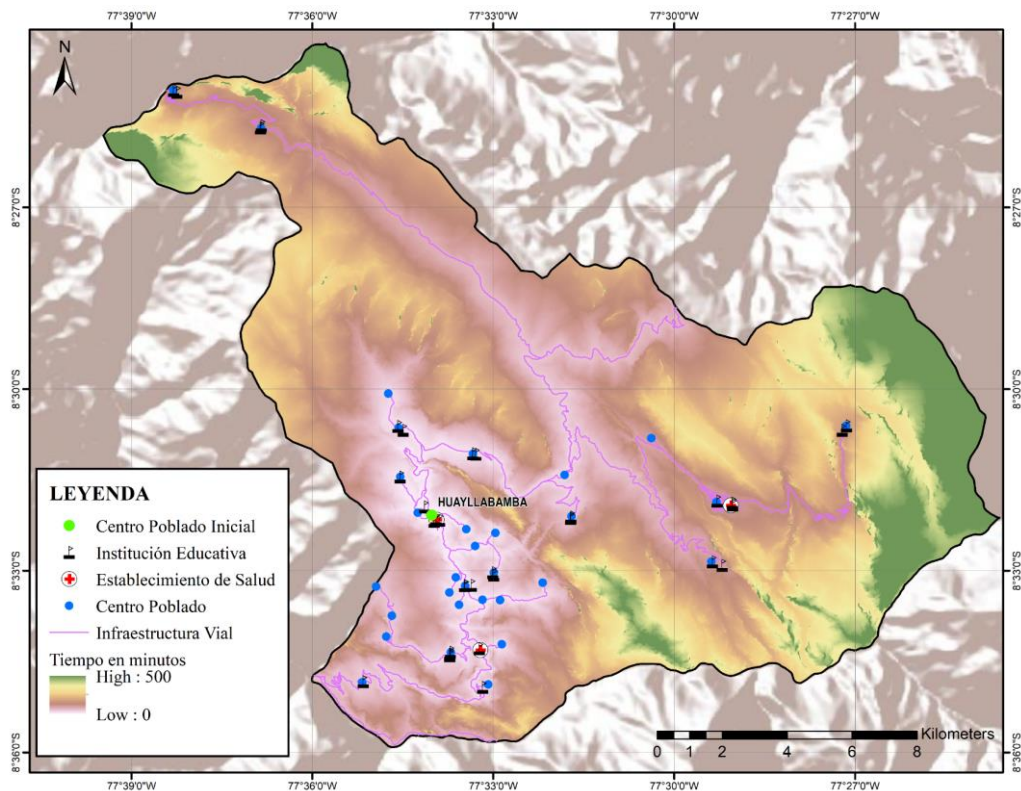


Figura 27: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Huayllabamba

4.3. MAPA DE CUANTILES

Los mapas de cuantiles tienen como finalidad dar indicios de un posible comportamiento o patrón espacial de la variable en análisis. Por lo que, se realizó el mapeo para todas las categorías de establecimiento del área de estudio.

4.3.1 Establecimiento de salud - Mapa de cuantiles

Como se muestra en la Figura 28, evaluando la variable tiempo mínimo al establecimiento de salud más cercano, existe una concentración, en el suroeste del área de estudio, de centros poblados de los dos primeros intervalos. Por otro lado, los centros poblados de los cuantiles superiores se encuentran dispersos en el distrito.

Con respecto a la población, aproximadamente el 50 por ciento del total se encuentra en los centros poblados localizados en los dos intervalos inferiores. En general, el 67.02 por ciento de la población del distrito le toma como máximo un tiempo de 29.97 minutos llegar al establecimiento de salud más cercano. Estas distribuciones se muestran en la Tabla 11.

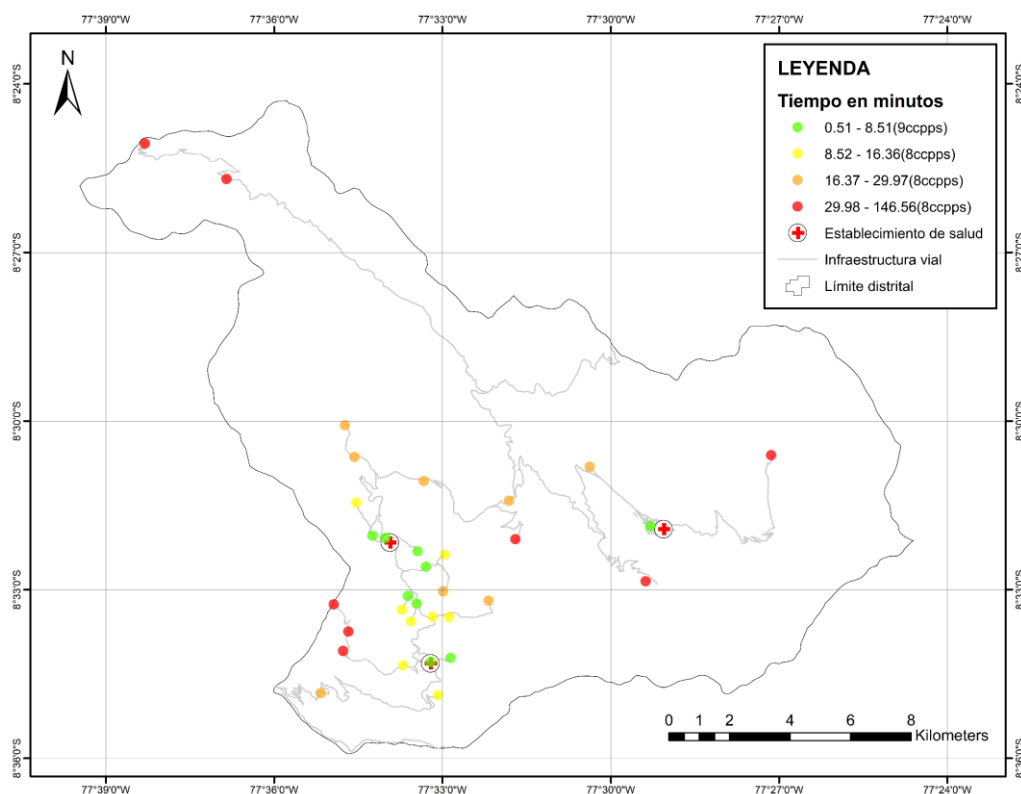


Figura 28: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado

Tabla 11: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.51 - 8.51	9	1396	37.44	HUAYLLABAMBA, SANTA CLARA, SUCCHA, ANGASH, SAN JOSE, PIRPO, HUARACUY, PINGULLO, CHINCHU
8.52 - 16.36	8	379	10.16	FLORIDA, CUTAMAYO, MARCO, GASAJPAMPA, UCHUGAGA, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
16.37 - 29.97	8	724	19.42	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, RUMICHACA, PAROBAMBA CHICO, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), MARAYBAMBA ABAJO

29.98 - 146.56	8	1230	32.98	LLAMA, SACSAY, PACHAVILCA, COLCABAMBA, AHIJADERO, CUYOJHUAYLLA 1, CUYOJHUAYLLA 2, PUNACocha
----------------	---	------	-------	--

4.3.2 Establecimiento de salud tipo I-1 - Mapa de cuantiles

Analizando las categorías específicas de los establecimientos de salud del área de estudio, la Figura 29 evalúa al establecimiento de salud de categoría I-1. Se evidencia que existe una concentración de centros poblados de los tres primeros intervalos en el suroeste del distrito. Además, los centros poblados pertenecientes al cuarto intervalo se agrupan en el noroeste y sureste.

Como consecuencia de contar con un solo establecimiento de salud de categoría I-1, la Tabla 12 muestra que sólo el 32.32 por ciento de la población se encuentra a un máximo de 27.74 minutos de este único establecimiento de salud. Además, el 46.74 por ciento de la población le toma como mínimo 43.25 minutos aproximarse a este servicio básico.

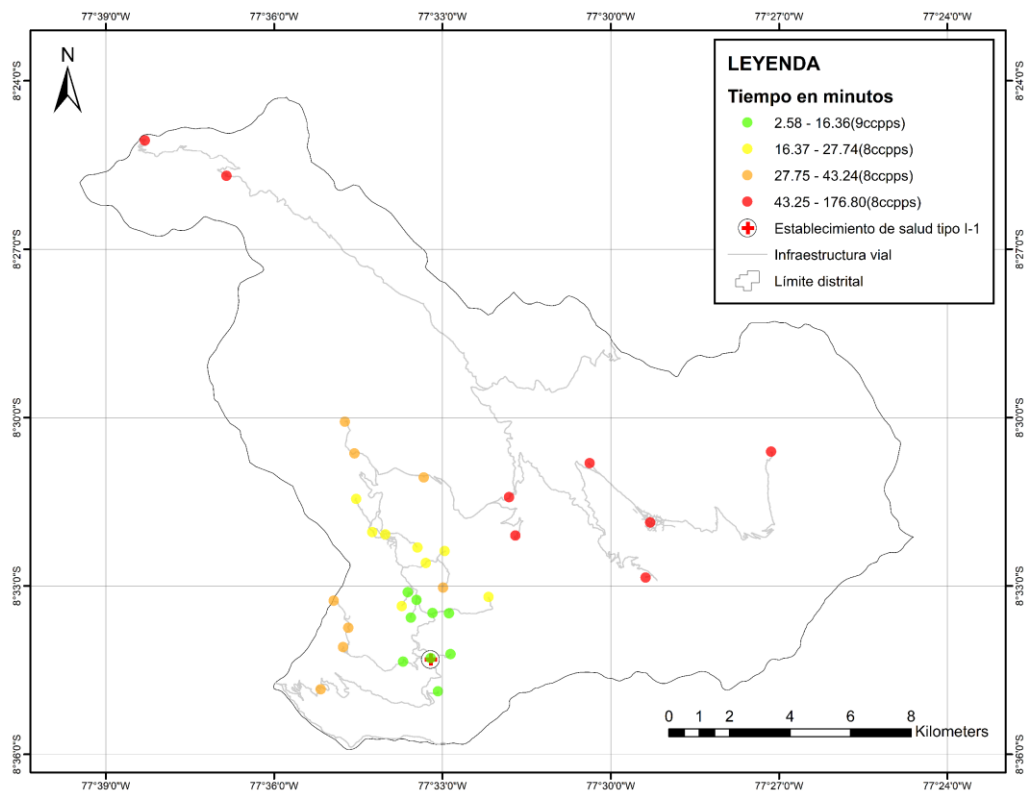


Figura 29: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado

Tabla 12: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
2.58 - 16.36	9	538	14.43	SAN JOSE, MARCO, GASAJPAMPA, PIRPO, HUARACUY, UCHUGAGA, CHINCHU, MIRAFLORES, PUCALLPA
16.37 - 27.74	8	667	17.89	HUAYLLABAMBA, FLORIDA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), PINGULLO, OGAPAMPA
27.75 - 43.24	8	781	20.94	GARHUASACA, CHULLIN, TUPAC AMARU, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCCHA, MARAYBAMBA ABAJO
43.25 - 176.8	8	1743	46.74	LLAMA, SACSAY, CRUCE AHIJADERO, PACHAVILCA, RUMICHACA, SANTA CLARA, COLCABAMBA, AHIJADERO

4.3.3 Establecimiento de salud tipo I-2 - Mapa de cuantiles

En el análisis del establecimiento de salud tipo I-2, según la Figura 30, el mapa de cuantiles no permite realizar un análisis claro, esto se debe a una serie de factores relacionados entre sí. Empezando por el más evidente, la amplitud de los intervalos no es tan uniforme, es decir, el primer intervalo tiene una amplitud de 100 minutos a diferencia del segundo que tiene una diferencia tan solo de 10 minutos, la característica que causó este comportamiento en las amplitudes de los intervalos es la distribución asimétrica hacia la derecha de la variable tiempo, que es en otras palabras, una gran cantidad de registros (centros poblados) con valores altos de tiempo.

Según lo detallado en el párrafo anterior, al igual que el mapa de cuantiles; la Tabla 13 de distribución de población no permite analizar adecuadamente a la variable tiempo; ya que se utilizan los mismos intervalos empleados en el mapa.

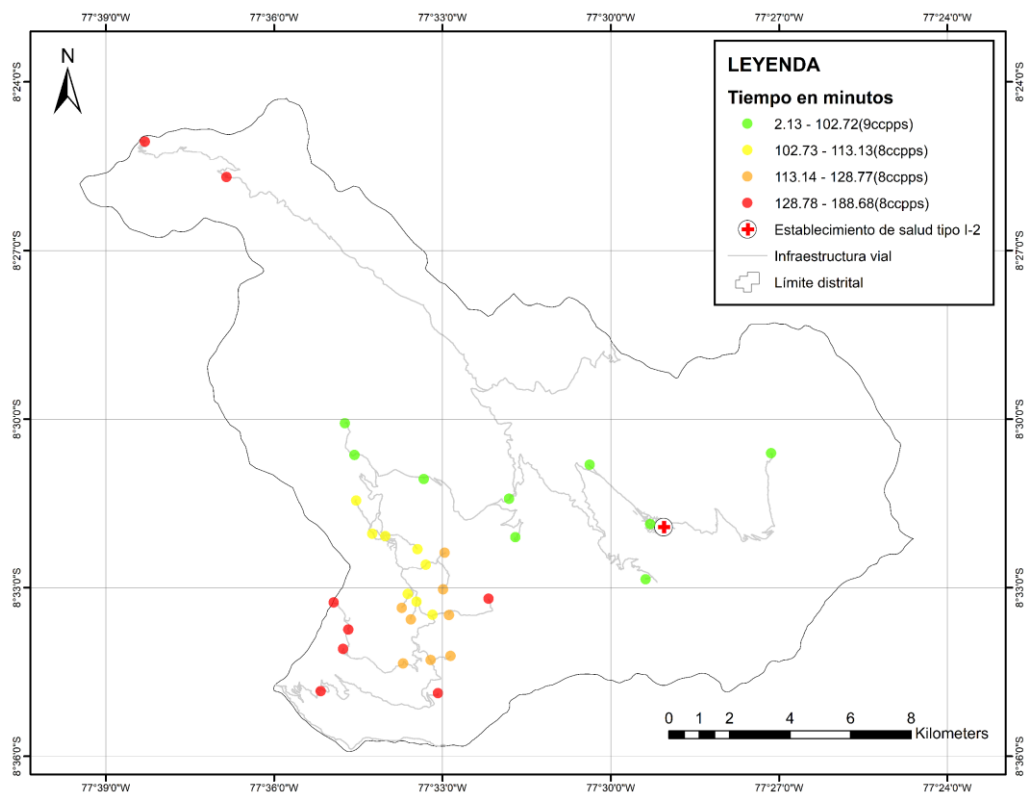


Figura 30: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado

Tabla 13: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
2.13 - 102.72	9	1794	48.11	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, PACHAVILCA, RUMICHACA, SANTA CLARA, COLCABAMBA, AHIJADERO
102.73 - 113.13	8	777	20.84	HUAYLLABAMBA, FLORIDA, SUCCHA, ANGASH, SAN JOSE, PINGULLO, CHINCHU, MIRAFLORES
113.14 - 128.77	8	394	10.57	CUTAMAYO, PAROBAMBA CHICO, MARCO, GASAJPAMPA, PIRPO, HUARACUY, OGAPAMPA, PUCALLPA
128.78 - 188.68	8	764	20.49	LLAMA, SACSAY, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCHA, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA

4.3.4 Establecimiento de salud tipo I-3 - Mapa de cuantiles

En la Figura 31, se muestra el mapa de cuantiles para el análisis del establecimiento de salud tipo I-3, donde evidencia una concentración de centros poblados, pertenecientes a los tres primeros intervalos, en la zona suroeste del distrito. Por otro lado, los centros poblados con mayor tiempo requerido en minutos, se encuentran distribuidos, en su mayoría, en las zonas sureste y noroeste del ámbito de estudio.

La Tabla 14 detalla la distribución de la población, donde 1762 personas que representa el 43.76 por ciento de la población total, les toma un tiempo mínimo de 43.76 minutos el llegar al establecimiento de salud en estudio; por otro lado, el 40.11 por ciento de población se encuentra a un tiempo máximo de 21.03 minutos, y el 12.63 por ciento les tomaría entre 21.04 y 43.75 minutos.

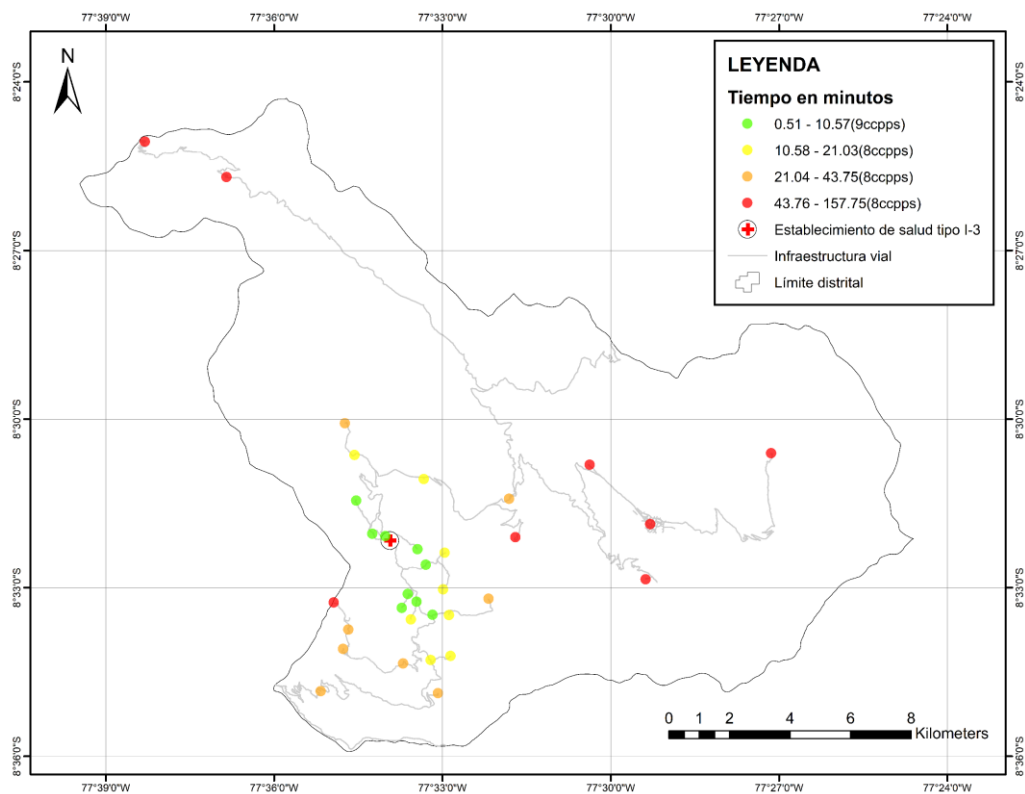


Figura 31: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado

Tabla 14: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.51 - 10.57	9	787	21.1	HUAYLLABAMBA, FLORIDA, SUCCHA, ANGASH, SAN JOSE, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES
10.58 - 21.03	8	709	19.01	CHULLIN, TUPAC AMARU, CUTAMAYO, PAROBAMBA CHICO, MARCO, PIRPO, HUARACUY, PUCALLPA
21.04 - 43.75	8	471	12.63	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), PUNACocha, GASAJPAMPA, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA
43.76 - 157.75	8	1762	47.25	LLAMA, SACSAY, PACHAVILCA, RUMICHACA, SANTA CLARA, COLCABAMBA, AHIJADERO, CUYOJHUAYLLA 2

4.3.5 Institución educativa - Mapa de cuantiles

Las instituciones educativas por otro lado, debido a su distribución aleatoria en el ámbito de estudio, como se muestra en la Figura 32, el mapa de cuantiles refleja que no existe una concentración en una ubicación específica de centros poblados pertenecientes al mismo intervalo de cuantil.

Sin embargo, a diferencia de los establecimientos de salud, en la Tabla 15 muestra que la distribución de la población con respecto a los intervalos de cuantiles es 3 364 personas, que representan el 90.21 por ciento de la población total, se encuentran en los dos primeros intervalos siendo el tiempo máximo empleado a una institución educativa igual a 2.8 minutos; y, en general, la población total del distrito se encuentra a como máximo 24.15 minutos de una institución educativa.

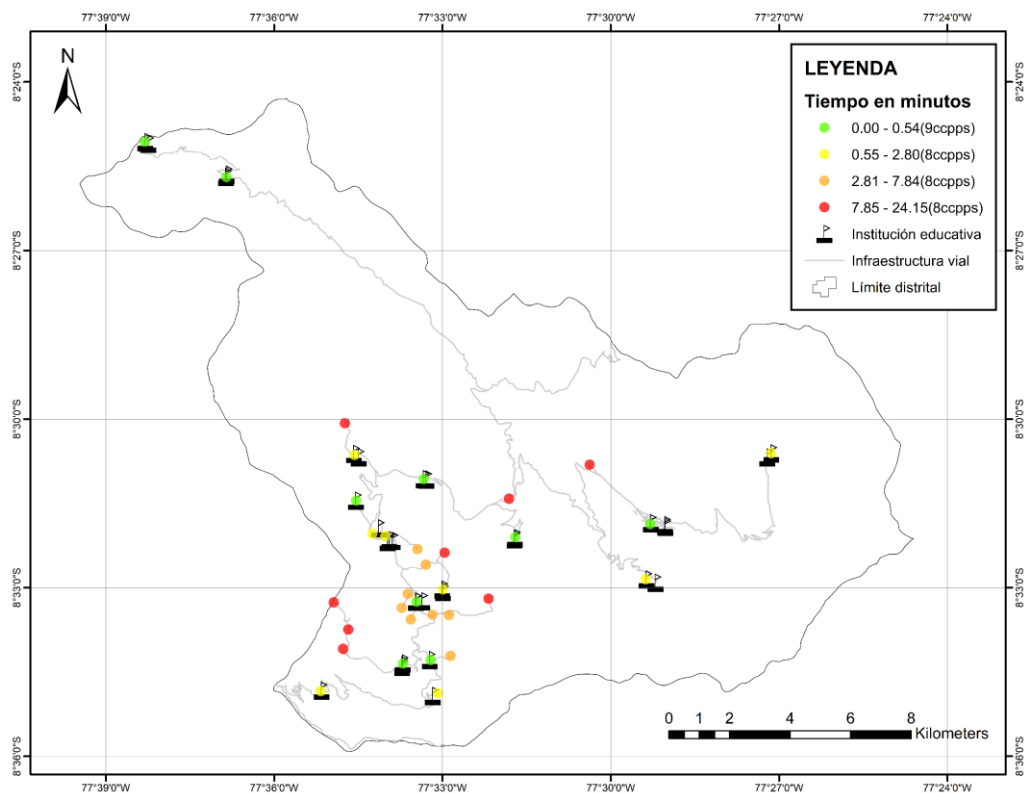


Figura 32: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana a nivel de centro poblado

Tabla 15: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.00 - 0.54	9	1665	44.65	LLAMA, SACSAY, TUPAC AMARU, FLORIDA, SANTA CLARA, AHIJADERO, SAN JOSE, GASAJPAMPA, PIRPO
0.55 - 2.80	8	1699	45.56	HUAYLLABAMBA, CHULLIN, PACHAVILCA, COLCABAMBA, PAROBAMBA CHICO, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA, PINGULLO
2.81 - 7.84	8	176	4.72	SUCCHA, ANGASH, MARCO, HUARACUY, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
7.85 - 24.15	8	189	5.07	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, RUMICHACA, CUTAMAYO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCCHA

4.3.6 Institución educativa nivel inicial – jardín - Mapa de cuantiles

En cuanto al análisis de instituciones educativas nivel inicial – jardín, según la Figura 33 el mapa de cuantiles evidencia la ausencia de concentraciones en alguna zona del área de estudios de centros poblados de algún intervalo de cuantil, esto se debe a que al igual que las instituciones educativas, este tipo de instituciones también se encuentra distribuido de manera aleatoria en el distrito.

Respecto a la distribución de la poblacional dentro de los intervalos de cuantiles, la Tabla 16 muestra que 3 458 personas, que representan el 92.73 por ciento de la población total, se encuentran en los tres primeros intervalos siendo el tiempo máximo empleado a una institución educativa nivel inicial – jardín igual a 14.13 minutos; y, en general, la población total del distrito se encuentra a como máximo 24.25 minutos de una institución educativa nivel inicial - jardín.

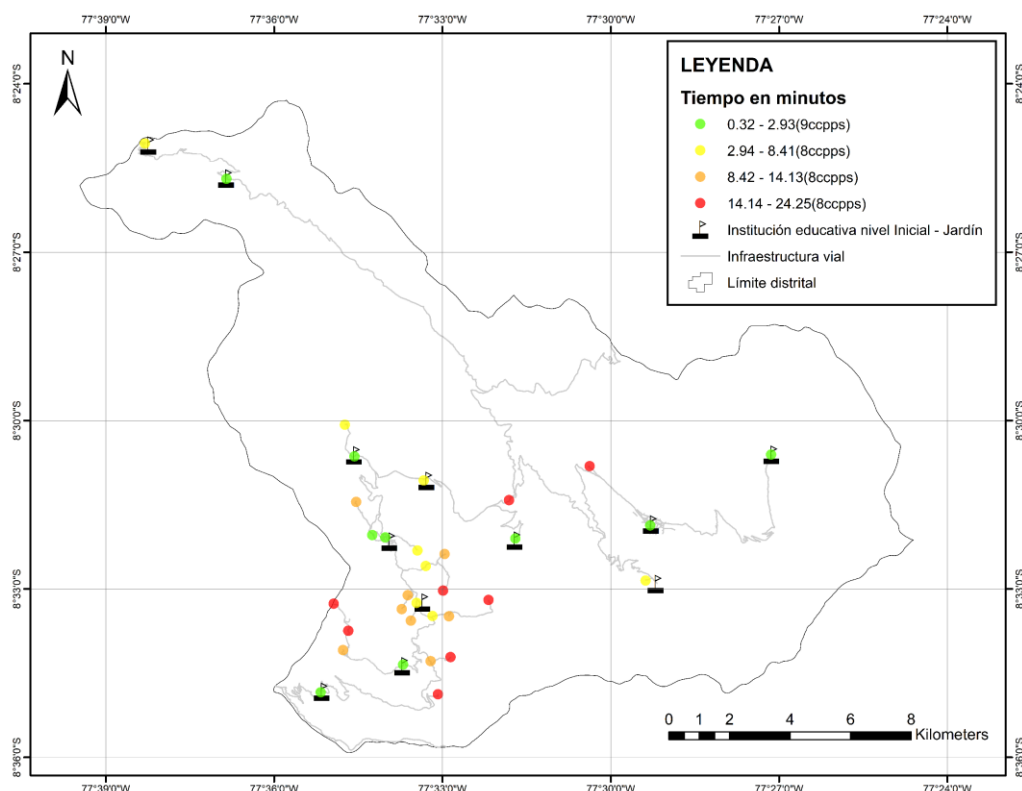


Figura 33: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana a nivel de centro poblado

Tabla 16: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.32 - 2.93	9	2295	61.54	HUAYLLABAMBA, SACSAY, CHULLIN, PACHAVILCA, SANTA CLARA, AHIJADERO, GASAJPAMPA, MARAYBAMBA ABAJO, PINGULLO
2.94 - 8.41	8	783	21	LLAMA, GARHUASACA, TUPAC AMARU, COLCABAMBA, SUCCHA, ANGASH, SAN JOSE, MIRAFLORES
8.42 - 14.13	8	380	10.19	FLORIDA, CUTAMAYO, MARCO, PUNACOCHA, PIRPO, CHINCHU, OGAPAMPA, PUCALLPA
14.14 - 24.25	8	271	7.27	CRUCE AHIJADERO, RUMICHACA, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, HUARACUY, UCHUGAGA

4.3.7 Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado - Mapa de cuantiles

La Figura 34 representa el mapa de cuantiles con respecto al tiempo en minutos a las instituciones educativas nivel inicial programa no escolarizado, el cual muestra que existe una concentración de centros poblados de los tres primeros intervalos de cuantil en la zona sur-oeste del área de estudio. Por otro lado, los centros poblados con mayor tiempo requerido a estas instituciones en estudio, es decir, aquellos que pertenecen al cuarto intervalo, se encuentran distribuidos, en su mayoría, en la zona sureste y noroeste del distrito.

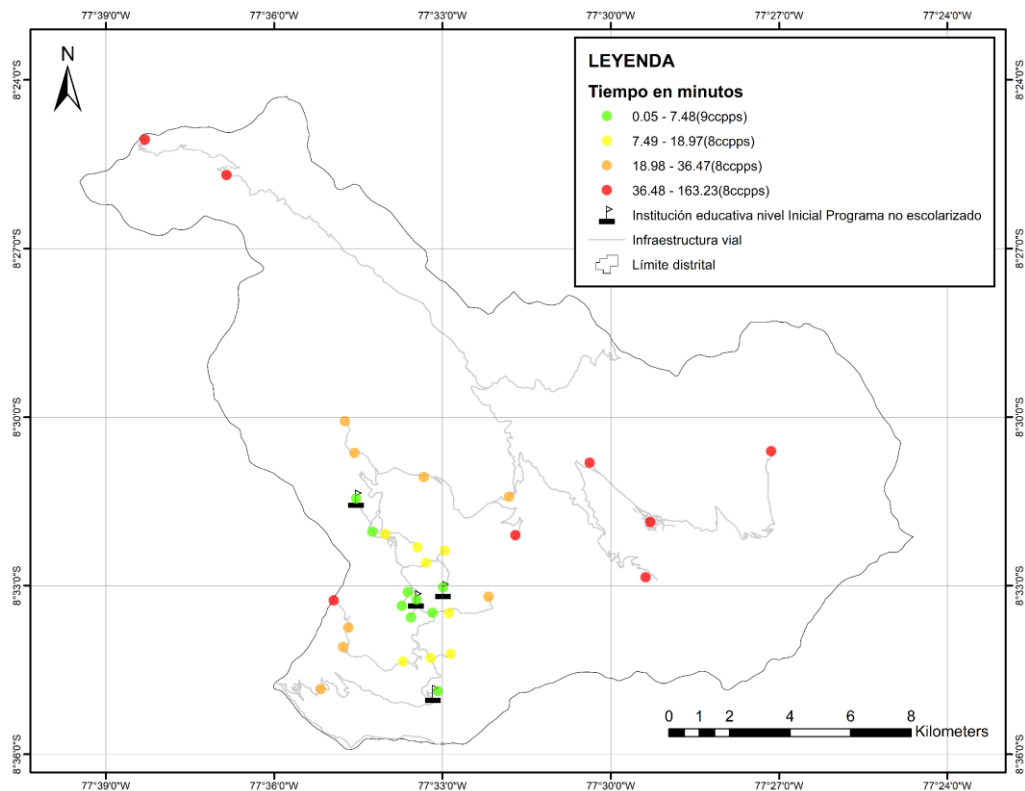


Figura 34: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado

La distribución de la población con respecto a los intervalos de cuantiles del tiempo requerido en minutos a la institución educativa nivel inicial programa no escolarizado se detalla en la Tabla 17, donde el 52.75 por ciento de la población (1 967 personas) se encuentran a 36.47 minutos como máximo de alguna institución educativa en estudio. Por otro lado, el saldo restante de población (1 762 personas), se encuentran entre 36.48 a 163.23 minutos de una institución educativa nivel inicial programa no escolarizado.

Tabla 17: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.05 - 7.48	9	484	12.98	FLORIDA, PAROBAMBA CHICO, SAN JOSE, UCHUGAGA, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
7.49 - 18.97	8	771	20.68	HUAYLLABAMBA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, MARCO, GASAJPAMPA, PIRPO, HUARACUY
18.98 - 36.47	8	712	19.09	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), PUNACocha, MARAYBAMBA ABAJO
36.48 - 163.23	8	1762	47.25	LLAMA, SACSAY, PACHAVILCA, RUMICHACA, SANTA CLARA, COLCABAMBA, AHIJADERO, CUYOJHUAYLLA 2

4.3.8 Institución educativa nivel primaria - Mapa de cuantiles

En relación al análisis de la variable tiempo mínimo a la institución educativa nivel primaria, se describe en la Figura 35 el mapa de cuantiles donde existe una distribución aleatoria de los centros poblados según su intervalo de cuantil, esto se debe a la presencia del establecimiento (centro educativo nivel primaria) en gran parte del distrito.

Según la Tabla 18, la distribución de la población con respecto a la cercanía a una institución educativa nivel primaria indica que el universo poblacional se encuentra como máximo a 24.89 minutos de algún establecimiento de educación primaria.

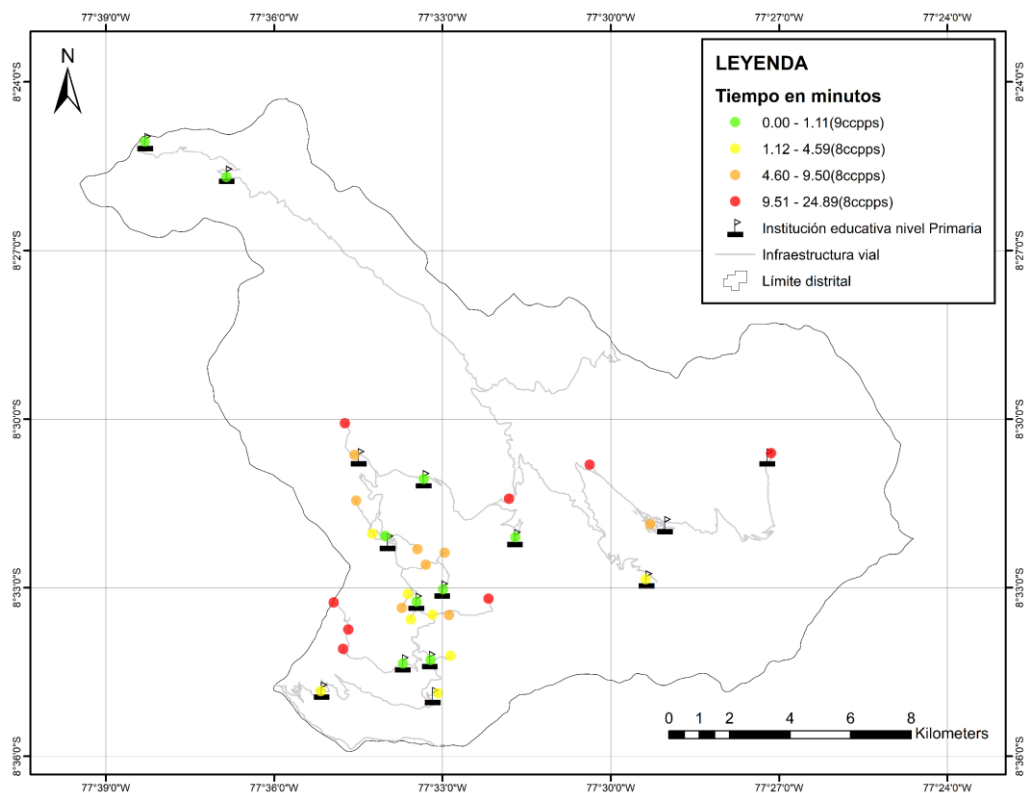


Figura 35: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana a nivel de centro poblado

Tabla 18: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.00 - 1.11	9	1565	41.97	HUAYLLABAMBA, LLAMA, SACSAY, TUPAC AMARU, AHIJADERO, PAROBAMBA CHICO, SAN JOSE, GASAJPAMPA, PIRPO
1.12 - 4.59	8	598	16.04	COLCABAMBA, HUARACUY, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA, PINGULLO, CHINCHU, MIRAFLORES, PUCALLPA
4.60 - 9.50	8	947	25.4	CHULLIN, FLORIDA, SANTA CLARA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, MARCO, OGAPAMPA
9.51 - 24.89	8	619	16.6	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, PACHAVILCA, RUMICHACA, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACocha

4.3.9 Institución educativa nivel secundaria - Mapa de cuantiles

La Figura 36 muestra la distribución de los centros poblados según intervalos de cuantil de la variable tiempo mínimo requerido a la institución educativa nivel secundaria. En este mapa se evidencia que una gran mayoría de centros poblados pertenecientes los tres primeros intervalos se encuentran en la zona suroeste del ámbito de estudio. Además, los centros poblados del último intervalo se encuentran dispersos en el área del distrito.

En cuanto a la distribución poblacional, en la Tabla 19 se observa que 2 812 personas, que representan un 75.4 por ciento de la población, las cuales requieren de por lo menos 22.62 minutos para llegar a una institución educativa nivel secundaria. Sin embargo, el 24.59 por ciento de la población (917 personas), las cuales se encuentran en el cuarto intervalo, les tomaría entre 22.63 y 151.88 minutos aproximarse a un establecimiento educativo de nivel secundaria.

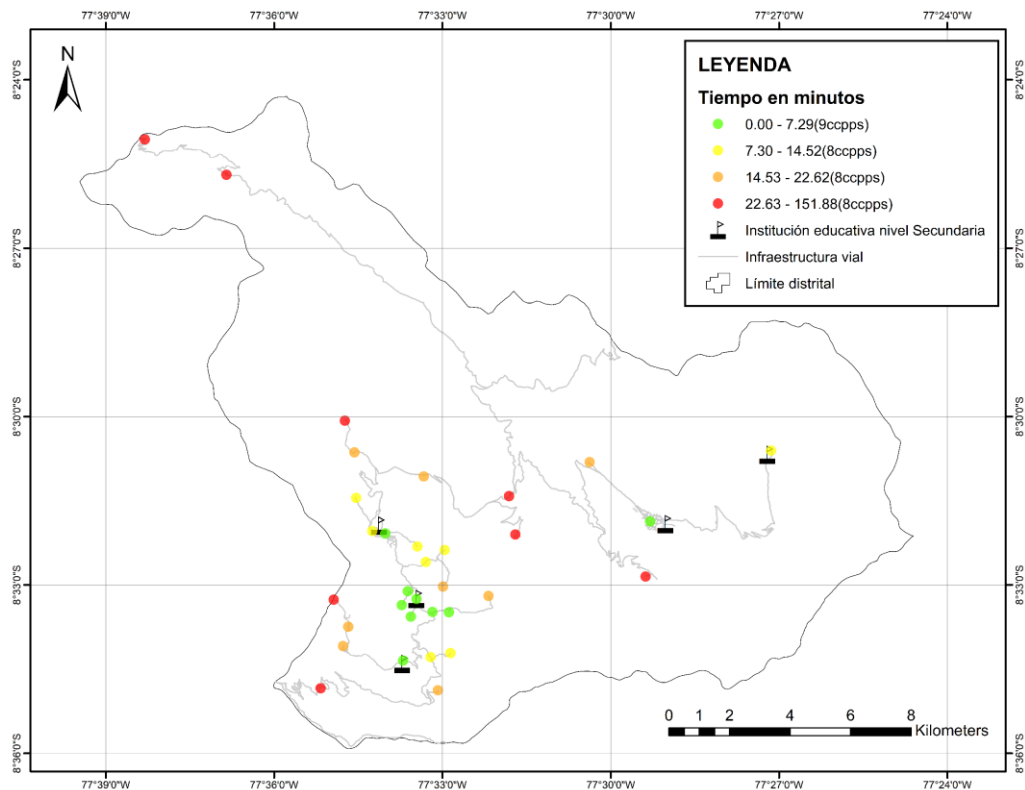


Figura 36: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado

Tabla 19: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.00 - 7.29	9	1425	38.21	HUAYLLABAMBA, SANTA CLARA, SAN JOSE, MARCO, GASAJPAMPA, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
7.30 - 14.52	8	716	19.2	PACHAVILCA, FLORIDA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, PIRPO, HUARACUY, PINGULLO
14.53 - 22.62	8	671	17.99	CHULLIN, TUPAC AMARU, RUMICHACA, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), PUNACOCCHA, UCHUGAGA
22.63 - 151.88	8	917	24.59	LLAMA, SACSAY, GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, COLCABAMBA, AHIJADERO, CUYOJHUAYLLA 2, MARAYBAMBA ABAJO

4.3.10 Institución educativa nivel técnico productiva - Mapa de cuantiles

En la Figura 37 se observa el mapa de cuantiles del tiempo mínimo en minutos a institución educativas nivel técnico productiva, el cual evidencia la concentración de centros poblados de los primeros tres intervalos en la zona suroeste del área de estudio, de los cuales, los centros poblados del primer intervalo, se encuentran más próximos entre sí. Por otro lado, los centros poblados del cuarto intervalo, es decir, aquellos que requieren mayor cantidad de tiempo para llegar al establecimiento educativo en estudio, se encuentran distribuidos, en su mayoría, en el sureste y noroeste del distrito.

Respecto a la distribución de población, la Tabla 20 muestra que el 52.74 por ciento de la población, que equivale a 1 967 personas, se encuentran en los tres primeros intervalos de cuantil; por lo cual dicha población requiere un máximo de 43.52 minutos para aproximarse al establecimiento educativo técnico productivo más cercano. Sin embargo, el 47.25 por ciento restante, el cual se encuentra en el cuarto intervalo de cuantil, necesita entre 43.53 a 157.97 minutos.

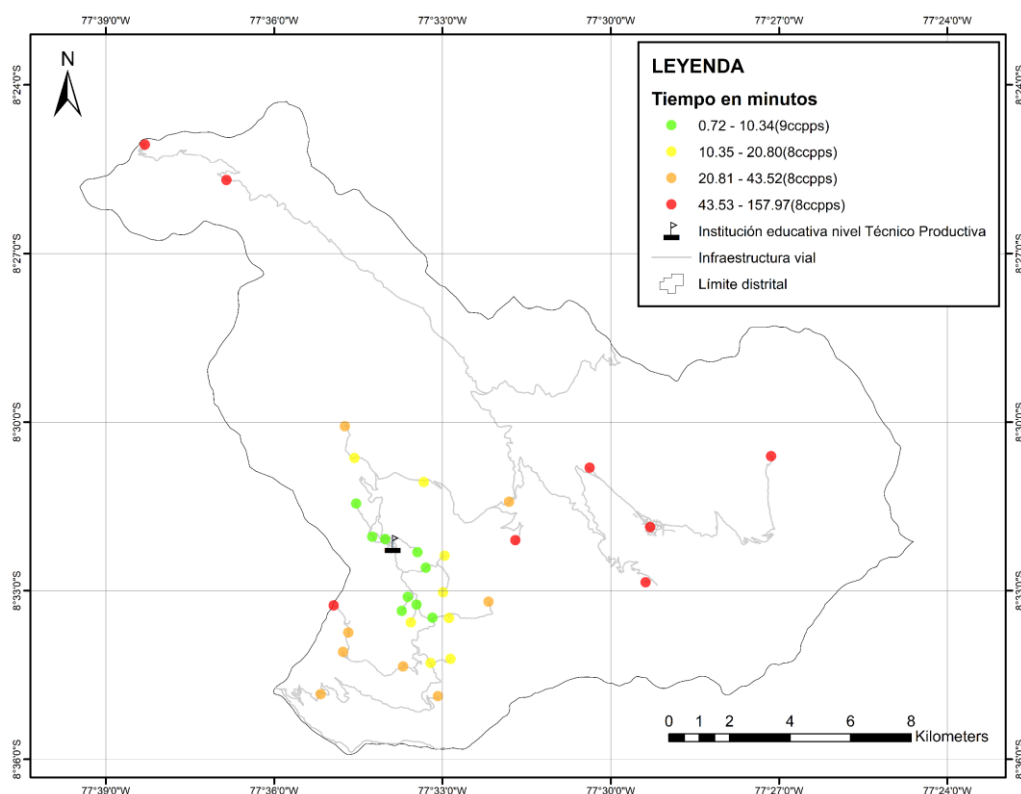


Figura 37: Mapa de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado

Tabla 20: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de cuantiles de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.72 - 10.34	9	787	21.1	HUAYLLABAMBA, FLORIDA, SUCCHA, ANGASH, SAN JOSE, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES
10.35 - 20.80	8	709	19.01	CHULLIN, TUPAC AMARU, CUTAMAYO, PAROBAMBA CHICO, MARCO, PIRPO, HUARACUY, PUCALLPA
20.81 - 43.52	8	471	12.63	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), PUNACocha, GASAJPAMPA, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA
43.53 - 157.97	8	1762	47.25	LLAMA, SACSAY, PACHAVILCA, RUMICHACA, SANTA CLARA, COLCABAMBA, AHIJADERO, CUYOJHUAYLLA 2

4.4. MAPA DE DESVIACIÓN TÍPICA

Los mapas de desviación típica o desviación estándar permiten detectar la presencia de registros atípicos y ubicarlos espacialmente, además a diferencia de los mapas de cuantiles, estos no generan los intervalos a partir de una distribución equitativa de los registros para cada uno de ellos debido a que los intervalos se basan en medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar).

En base al objetivo del estudio, el análisis se centró en los registros que se encuentren muy por encima de la media, mas no, los que se encuentren muy por debajo.

4.4.1 Establecimiento de salud - Mapa de desviación típica

En el análisis de la variable tiempo para los establecimientos de salud se puede analizar que según la Figura 38, la gran mayoría de centros poblados que requieren menor cantidad de tiempo, es decir, aquellos que se encuentran en los dos primeros intervalos, se encuentran agrupados en la zona suroeste del distrito; además existe un total de 28 centros poblados que se encuentran en los intervalos mencionados. Por otro lado, hay 3 centros poblados en el tercer intervalo que se encuentran distribuidos en el sur del área de estudio y 2 centros poblados que se encuentran en la zona noroeste, pertenecientes al último intervalo, por ende, con mucho mayor tiempo requerido en comparación a los demás registros.

En cuanto al análisis de la distribución poblacional mostrado en la Tabla 21, se pueden diferenciar tres grandes grupos: el primero enmarca a la población de los centros poblados situados en los dos primeros intervalos, que requieren de un máximo 40.97 minutos para aproximarse a algún establecimiento de salud, siendo un total de 2 599 personas (69.69 por ciento del total) que poseen esta característica de accesibilidad; el segundo está conformado por 750 personas que requieren entre 40.98 a 71.45 minutos; y finalmente el 10.19 por ciento de población faltante (380 personas) pertenecen el último intervalo que comprende valores de entre 101.95 a 146.56 minutos.

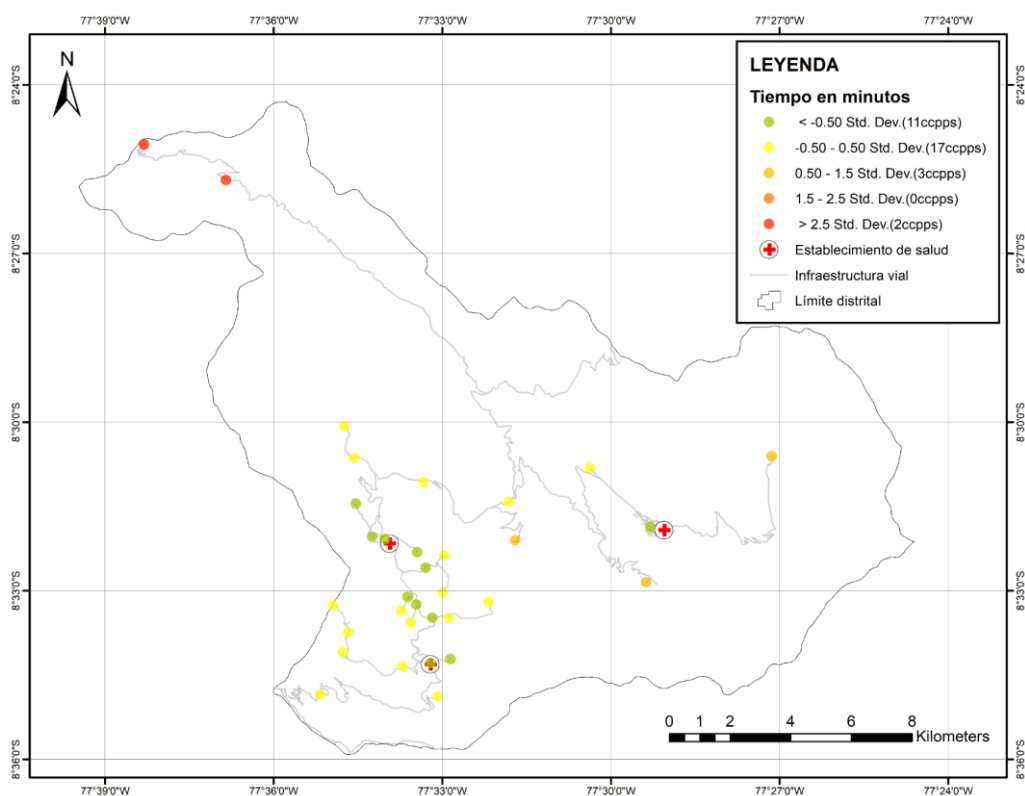


Figura 38: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado

Tabla 21: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.51 - 10.48	11	1516	40.65	HUAYLLABAMBA, FLORIDA, SANTA CLARA, SUCCHA, ANGASH, SAN JOSE, PIRPO, HUARACUY, PINGULLO, CHINCHU, MIRAFLORES
10.49 - 40.97	17	1083	29.04	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, RUMICHACA, CUTAMAYO, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, MARCO, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCHA, GASAJPAMPA, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA, OGAPAMPA, PUCALLPA
40.98 - 71.45	3	750	20.11	PACHAVILCA, COLCABAMBA, AHIJADERO
71.46 - 101.94	0	0	0	
101.95 - 146.56	2	380	10.19	LLAMA, SACSAY

4.4.2 Establecimiento de salud tipo I-1 - Mapa de desviación típica

Según la Figura 39, el mapa de desviación estándar del tiempo requerido en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 muestra que los centros poblados de los intervalos inferiores, es decir, correspondientes a los menores tiempos requeridos, se concentran en el suroeste del ámbito de estudio, siendo un total de 27 centros poblados pertenecientes a dichos intervalos. Respecto a los 3 intervalos posteriores, cada uno comprende 2 centros poblados, los cuales se encuentran distribuidos en el noroeste y sureste del distrito.

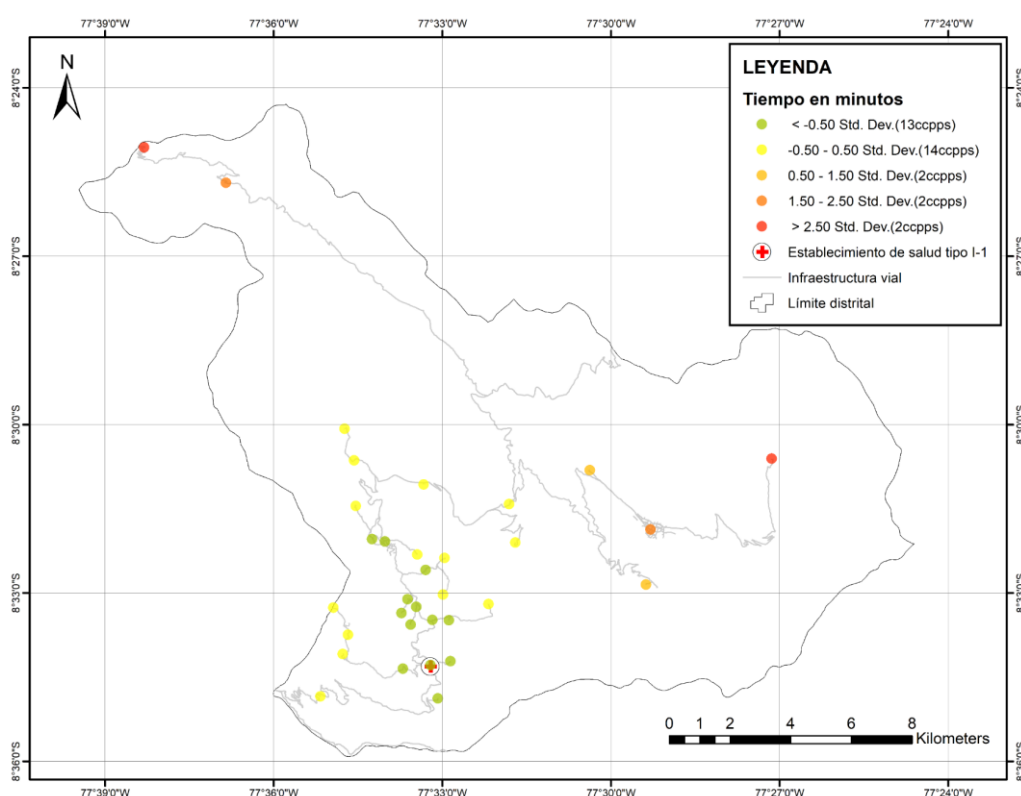


Figura 39: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado

La Tabla 22 muestra la distribución de población respecto a los intervalos del mapa de desviación estándar, donde 1 073 personas (28.77 por ciento del total) se ubican en el primer intervalo requiriendo como máximo un tiempo de 22.67 minutos para llegar al establecimiento de salud tipo I-1; en el segundo intervalo se ubica el 27.46 por ciento de la población, la cual necesita un tiempo moderado de entre 22.68 a 68.29 minutos; y el saldo

faltante de personas (43.77 por ciento) necesita un mínimo de 68.30 minutos y un máximo de 176.80, ubicándose en los intervalos de mayor valor de la variable tiempo.

Tabla 22: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
2.58 - 22.67	13	1073	28.77	HUAYLLABAMBA, ANGASH, SAN JOSE, MARCO, GASAJPAMPA, PIRPO, HUARACUY, UCHUGAGA, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
22.68 - 68.29	14	1024	27.46	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, FLORIDA, AHIJADERO, SUCCHA, CUTAMAYO, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCCHA, MARAYBAMBA ABAJO
68.30 - 113.90	2	202	5.42	RUMICHACA, COLCABAMBA
113.91 - 159.52	2	780	20.92	SACSAY, SANTA CLARA
159.53 - 176.80	2	650	17.43	LLAMA, PACHAVILCA

4.4.3 Establecimiento de salud tipo I-2 - Mapa de desviación típica

En la Figura 40 el mapa de desviación típica del tiempo requerido al establecimiento de salud tipo I-2 muestra que, según los intervalos generados, los valores del tiempo se encuentran distribuidos, en su mayoría, alrededor de la media (cuarto intervalo) y ligeramente por encima de esta (quinto intervalo); además, estos 26 centros poblados se concentran en el suroeste del distrito. En la zona sureste se encuentran centros poblados del primer y segundo intervalo, sin embargo, son significativamente menos que los centros poblados antes mencionados.

Respecto al análisis de la distribución poblacional en la Tabla 23 se detalla que el 28.21 por ciento de la población (1 052 personas) requieren como máximo 55.39 minutos según los intervalos del mapa de desviación estándar. Por otro lado, el 71.78 por ciento se encuentra a 55.40 a 188.68 minutos del establecimiento de salud tipo I-2.

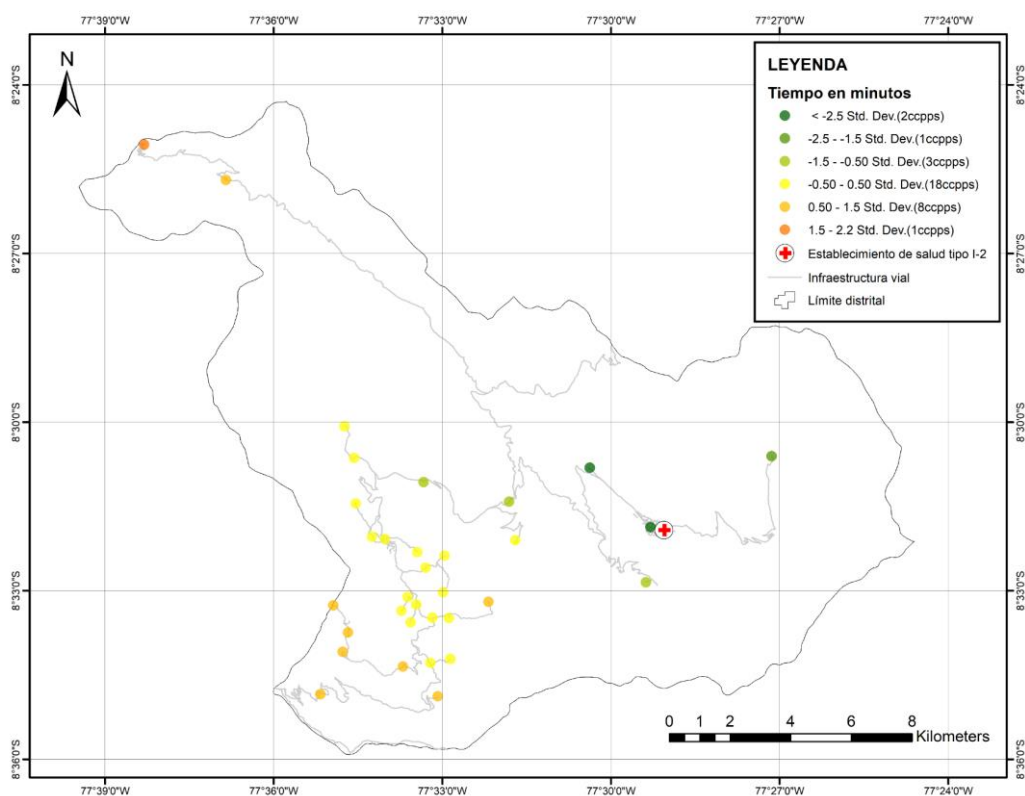


Figura 40: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado

Tabla 23: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
2.13 - 19.25	2	602	16.14	RUMICHACA, SANTA CLARA
19.26 - 55.39	1	450	12.07	PACHAVILCA
55.40 - 91.52	3	411	11.02	CRUCE AHIJADERO, TUPAC AMARU, COLCABAMBA
91.53 - 127.66	18	1422	38.13	HUAYLLABAMBA, GARHUASACA, CHULLIN, FLORIDA, AHIJADERO, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, PAROBAMBA CHICO, SAN JOSE, MARCO, PIRPO, HUARACUY, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
127.67 - 163.80	8	644	17.27	SACSAY, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCCHA, GASAJPAMPA, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA
163.81 - 188.68	1	200	5.36	LLAMA

4.4.4 Establecimiento de salud tipo I-3 - Mapa de desviación típica

En función al mapa de desviación típica del tiempo al establecimiento de salud tipo I-3, mostrado en la Figura 41, se detalla que 23 centros poblados se encuentran en el primer y segundo intervalo, los cuales se ubican en el suroeste del distrito, sin embargo, los registros del primer intervalo se encuentran formando una concentración. Por otro lado, el saldo restante de centros poblados de los otros intervalos se ubica en el noroeste y sureste.

Según la Tabla 24, la población se distribuye en 2 097 personas (56.24 por ciento del total) que se ubican en los 2 primeros intervalos, las cuales según el mapa de desviación estándar requieren de como máximo 58.01 minutos, así mismo el 43.77 por ciento restante de población les toma entre 58.02 a 157.75 minutos, ubicándose en los siguientes intervalos a los antes mencionados.

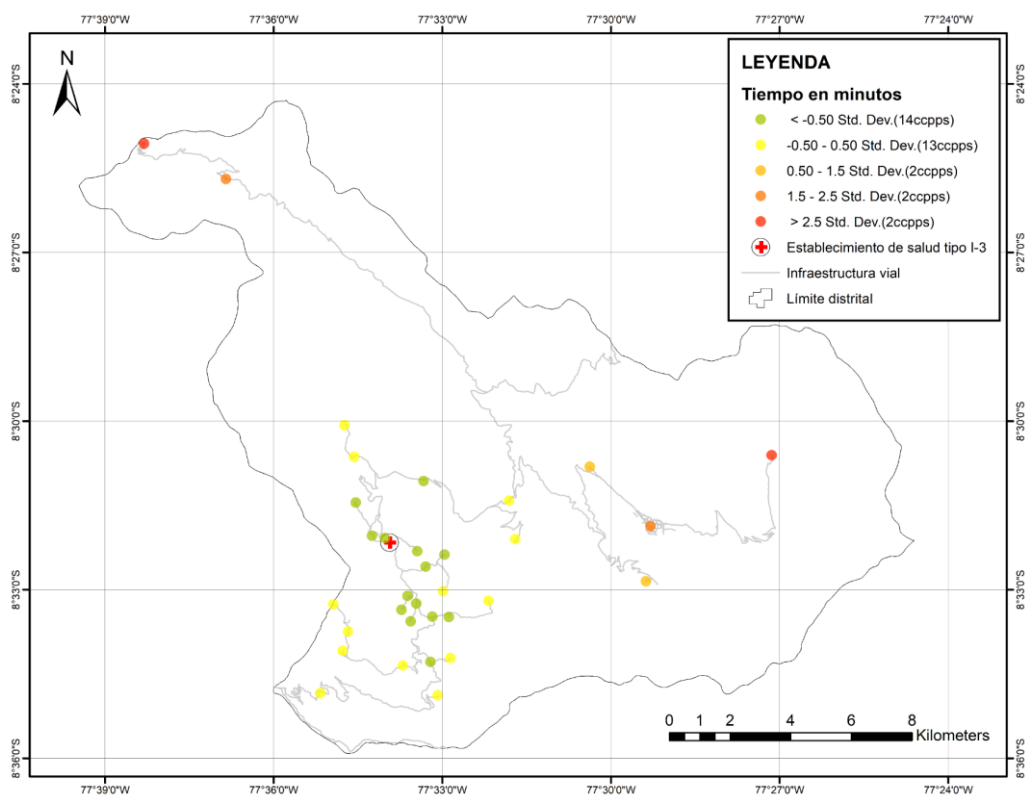


Figura 41: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado

Tabla 24: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.51 - 17.27	14	1197	32.1	HUAYLLABAMBA, TUPAC AMARU, FLORIDA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, SAN JOSE, MARCO, PIRPO, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
17.28 - 58.01	13	900	24.14	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, AHIJADERO, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACocha, GASAJPAMPA, HUARACUY, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA
58.02 - 98.75	2	202	5.42	RUMICHACA, COLCABAMBA
98.76 - 139.49	2	780	20.92	SACSAY, SANTA CLARA
139.50 - 157.75	2	650	17.43	LLAMA, PACHAVILCA

4.4.5 Institución educativa - Mapa de desviación típica

En el análisis del mapa de desviación estándar del tiempo requerido a instituciones educativas, mostrado en la Figura 42, se observa que existe una gran cantidad de centros poblados dentro de los 2 primeros intervalos, 16 y 10 respectivamente. En cuanto a la distribución espacial, los registros contenidos en el primer, tercer y cuarto intervalo se encuentran dispersos aleatoriamente a lo largo del ámbito de estudio; a diferencia de los centros poblados del segundo intervalo que se ubican en el sur-oeste formando ligeras concentraciones.

Respecto a la distribución de población detallado en la Tabla 25, el primer intervalo que contiene a los 16 centros poblados mencionados en el párrafo anterior, cuenta con el 88.94 por ciento del total de la población (3 354 personas) la cual requiere como máximo 2.28 minutos aproximarse a la institución educativa más cercana; así mismo, el saldo restante de la población está a 2.29 y 24.15 minutos.

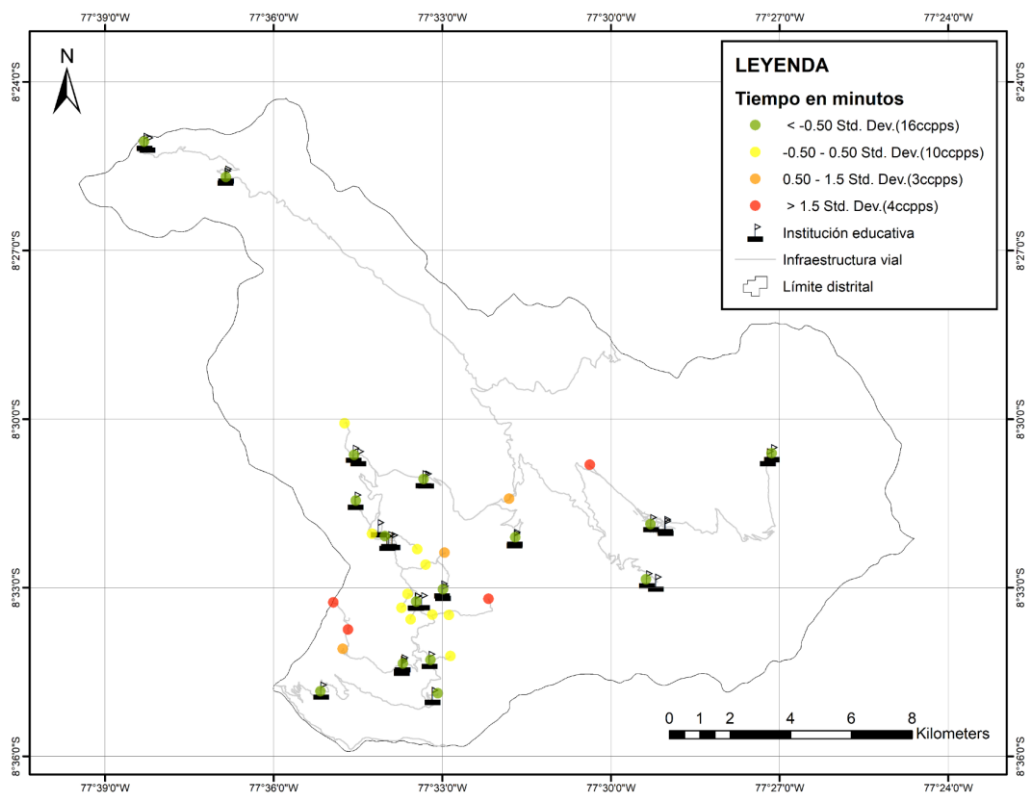


Figura 42: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana a nivel de centro poblado

Tabla 25: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.00 - 2.28	16	3354	89.94	HUAYLLABAMBA, LLAMA, SACSAY, CHULLIN, TUPAC AMARU, PACHAVILCA, FLORIDA, SANTA CLARA, COLCABAMBA, AHIJADERO, PAROBAMBA CHICO, SAN JOSE, GASAJPAMPA, PIRPO, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA
2.29 - 8.75	10	212	5.69	GARHUASACA, SUCCHA, ANGASH, MARCO, HUARACUY, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
8.76 - 15.22	3	81	2.17	CRUCE AHIJADERO, CUTAMAYO, PUNACocha
15.23 - 24.15	4	82	2.2	RUMICHACA, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2

4.4.6 Institución educativa nivel inicial – jardín - Mapa de desviación típica

Según la Figura 43, los intervalos del mapa de desviación típica del tiempo requerido a las instituciones educativas nivel inicial – jardín, los centros poblados se distribuyen en los tres rangos inferiores, siendo el primer intervalo el que cuenta con la mayor cantidad de centros poblados, sin embargo, espacialmente se encuentran distribuidos aleatoriamente en el distrito; a diferencia de los centros poblados del segundo intervalo que están ubicados, en su mayoría en el suroeste formando ligeras concentraciones entre estos. Los registros del tercer intervalo poseen un patrón similar al del primero, y los centros poblados del último rango se encuentran en la zona suroeste, sin embargo, se encuentran dispersos en esta área específica del distrito.

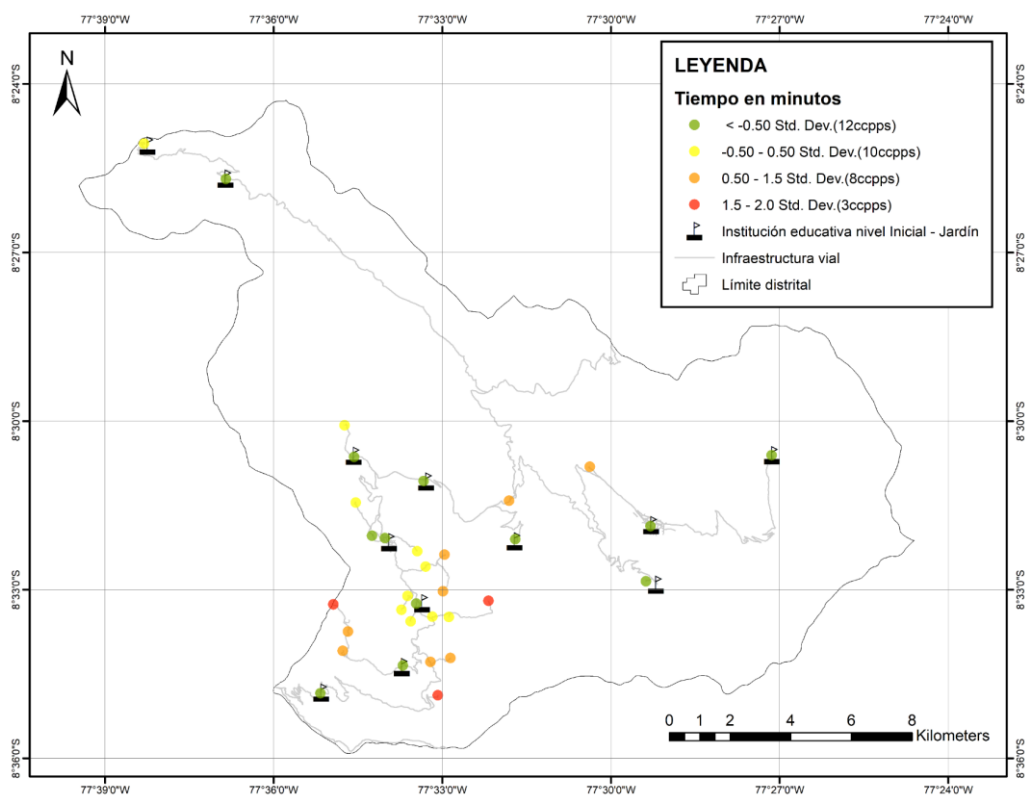


Figura 43: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana a nivel de centro poblado

En la Tabla 26 se muestra la distribución de la población según los intervalos de desviación típica del tiempo requerido a las instituciones educativas nivel inicial – jardín, la cual indica que el 74.95 por ciento del total de población (2 795 personas) necesitan un máximo de 5.8 minutos para aproximarse a la institución educativa en estudio más cercana. Así mismo, el total de la población se encuentra a 24.25 minutos de algún establecimiento educativo inicial – jardín.

Tabla 26: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.32 - 5.80	12	2795	74.95	HUAYLLABAMBA, SACSAY, CHULLIN, TUPAC AMARU, PACHAVILCA, SANTA CLARA, COLCABAMBA, AHIJADERO, SAN JOSE, GASAJPAMPA, MARAYBAMBA ABAJO, PINGULLO
5.81 - 13.06	10	468	12.55	LLAMA, GARHUASACA, FLORIDA, SUCCHA, ANGASH, MARCO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
13.07 - 20.33	8	322	8.64	CRUCE AHIJADERO, RUMICHACA, CUTAMAYO, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, PUNACOCCHA, PIRPO, HUARACUY
20.34 - 24.25	3	144	3.86	AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, UCHUGAGA

4.4.7 Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado - Mapa de desviación típica

En el análisis del tiempo a la institución educativa nivel inicial programa no escolarizado, según la Figura 44, se observa que los centros poblados se encuentran distribuidos en su mayoría en los dos intervalos inferiores; referido a la ubicación espacial, los registros del primer y segundo intervalo se localizan en el suroeste, donde los primeros se encuentran más cercanos unos a otros en comparación de los centros poblados del segundo intervalo. Por otro lado, los centros poblados del tercer, cuarto y quinto intervalo se encuentran distribuidos aleatoriamente en el noroeste y sureste del distrito.

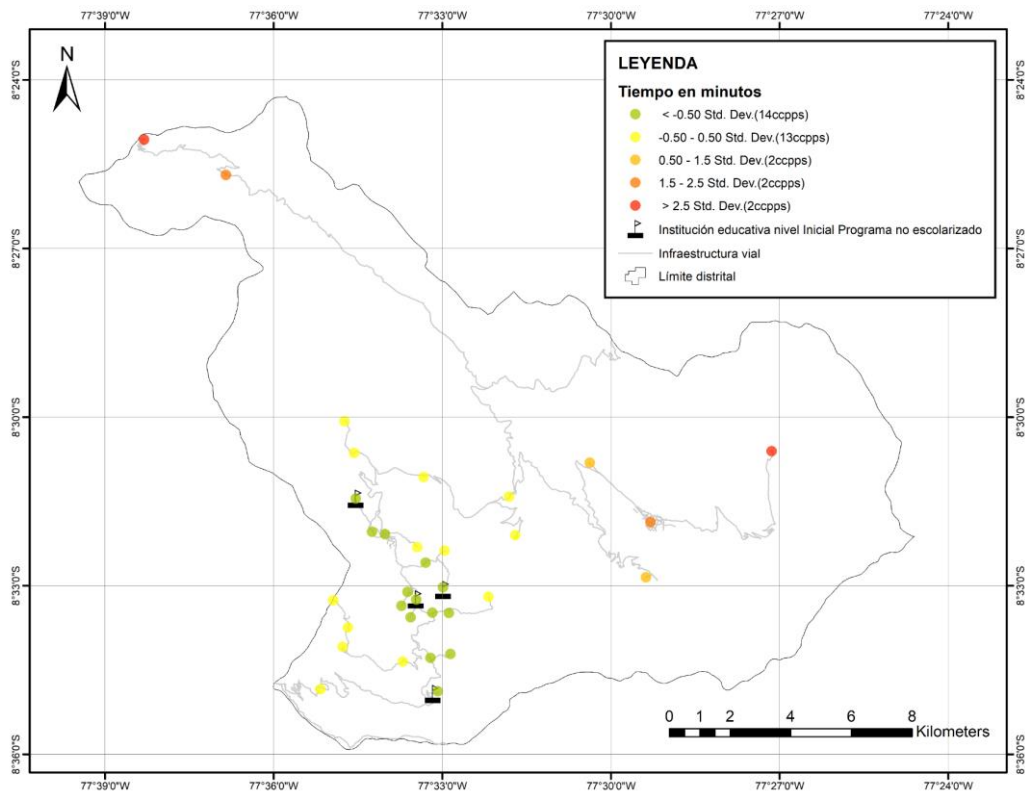


Figura 44: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado

La Tabla 27 muestra la distribución de la población y centros poblados según los intervalos generados en el mapa de desviación típica del tiempo a instituciones educativas nivel inicial programa no escolarizado, donde se pueden categorizar en tres grupos; el primero con un total de 1 153 de población (30.92 por ciento) pertenece al primer intervalo la cual requiere como máximo 13.6 minutos aproximarse al establecimiento en estudio más cercano; el segundo grupo, ubicados en el segundo intervalo, con 25.32 por ciento del total (944 personas) está entre 13.61 a 57.62 minutos; y finalmente, en los tres últimos intervalos se encuentra el 43.77 por ciento de la población, la cual requiere de 57.63 a 163.23 minutos.

Tabla 27: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.05 - 13.60	14	1153	30.92	HUAYLLABAMBA, FLORIDA, ANGASH, PAROBAMBA CHICO, SAN JOSE, MARCO, PIRPO, HUARACUY, UCHUGAGA, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
13.61 - 57.62	13	944	25.32	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, AHIJADERO, SUCCHA, CUTAMAYO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCHA, GASAJPAMPA, MARAYBAMBA ABAJO
57.63 - 101.64	2	202	5.42	RUMICHACA, COLCABAMBA
101.65 - 145.65	2	780	20.92	SACSAY, SANTA CLARA
145.66 - 163.23	2	650	17.43	LLAMA, PACHAVILCA

4.4.8 Institución educativa nivel primaria - Mapa de desviación típica

Según la Figura 45, los centros poblados se encuentran distribuidos, en su mayoría, en los dos primeros intervalos, sin embargo, se encuentran todos los centros poblados, de cada uno de los intervalos, se distribuyen aleatoriamente en el área de estudio, y esto se debe a la presencia de los establecimientos en estudio en todo el distrito.

Respecto a la población, según lo detallado en el párrafo anterior y con los resultados obtenidos en la Tabla 28, se afirma que el 95.46 por ciento de la población se encuentra a 10.10 minutos como máximo de alguna institución educativa primaria; y el 4.53 por ciento restante necesita entre 10.11 a 24.88 minutos.

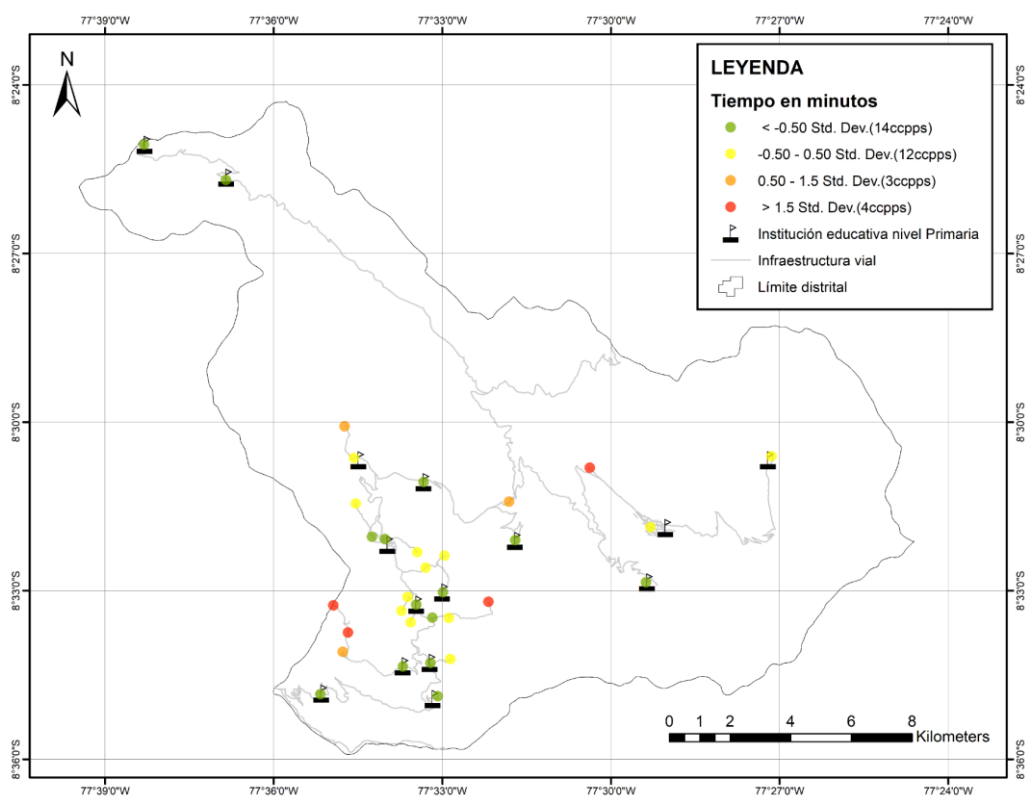


Figura 45: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana a nivel de centro poblado

Tabla 28: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.00 - 3.39	14	2069	55.48	HUAYLLABAMBA, LLAMA, SACSAY, TUPAC AMARU, COLCABAMBA, AHIJADERO, PAROBAMBA CHICO, SAN JOSE, GASAJPAMPA, PIRPO, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA, PINGULLO, MIRAFLORES
3.40 - 10.10	12	1491	39.98	CHULLIN, PACHAVILCA, FLORIDA, SANTA CLARA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, MARCO, HUARACUY, CHINCHU, OGAPAMPA, PUCALLPA
10.11 - 16.81	3	87	2.33	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, PUNACOCA
16.82 - 24.88	4	82	2.2	RUMICHACA, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2

4.4.9 Institución educativa nivel secundaria - Mapa de desviación típica

Según la Figura 46, el mapa de desviación típica del tiempo requerido a las instituciones educativas del nivel secundaria muestra que el 29 de 33 centros poblados se encuentran en los dos primeros intervalos; así mismo la mayoría de centros poblados del primer intervalo se encuentran en el suroeste y los del segundo rango poseen características similares al del primero, a diferencia de que son prácticamente el doble de la cantidad de su rango anterior. Respecto a los centros poblados del tercer y quinto intervalo, se ubican en el sur y en el noroeste, respectivamente.

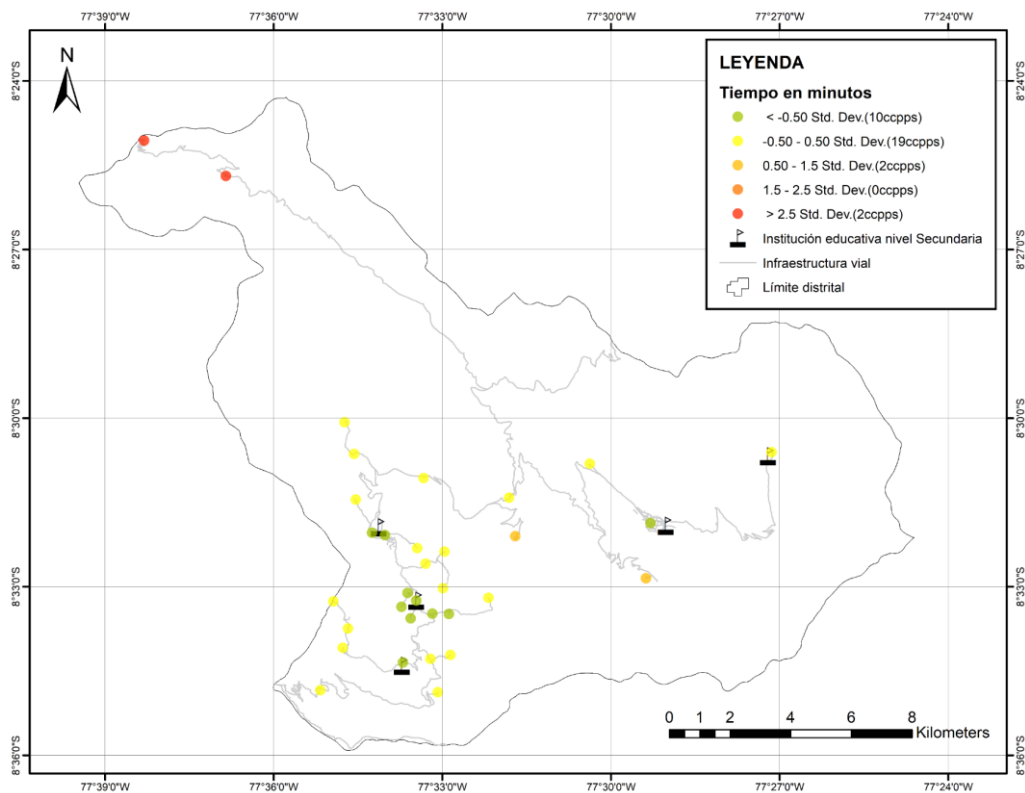


Figura 46: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado

Según la Tabla 29, la población tiene tres categorías, según proximidad al establecimiento en estudio; la primera refiere al 38.48 por ciento de la población que requiere como máximo 8.49 minutos y se encuentra en el primer intervalo; seguido del 43.58 por ciento del total que necesita entre 8.50 a 39.97 minutos y se ubica en el segundo intervalo; y finalmente un saldo de 680 personas (18.24 por ciento) está a un tiempo de 39.98 a 151.88 minutos de la institución educativa de nivel secundaria.

Tabla 29: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.00 - 8.49	10	1435	38.48	HUAYLLABAMBA, SANTA CLARA, SAN JOSE, MARCO, GASAJPAMPA, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
8.50 - 39.97	19	1614	43.28	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, PACHAVILCA, RUMICHACA, FLORIDA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACOCHA, PIRPO, HUARACUY, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA
39.98 - 71.44	2	300	8.05	COLCABAMBA, AHIJADERO
71.45 - 102.92	0	0	0	
102.93 - 151.88	2	380	10.19	LLAMA, SACSAY

4.4.10 Institución educativa nivel técnico productiva - Mapa de desviación típica

Según la Figura 47, el mapa de desviación estándar del tiempo a las instituciones educativas de nivel técnico productiva evidencia que los centros poblados se distribuyen en los dos primeros intervalos, es decir, aquellos de menor valor de tiempo. Respecto a la distribución espacial, en el suroeste se ubican los registros del primer y segundo intervalo, sin embargo, en los primeros existe una concentración, es decir, se encuentran cercanos los unos a otros; así mismo los registros del tercer intervalo están en el sureste y los del cuarto en el noroeste y sureste.

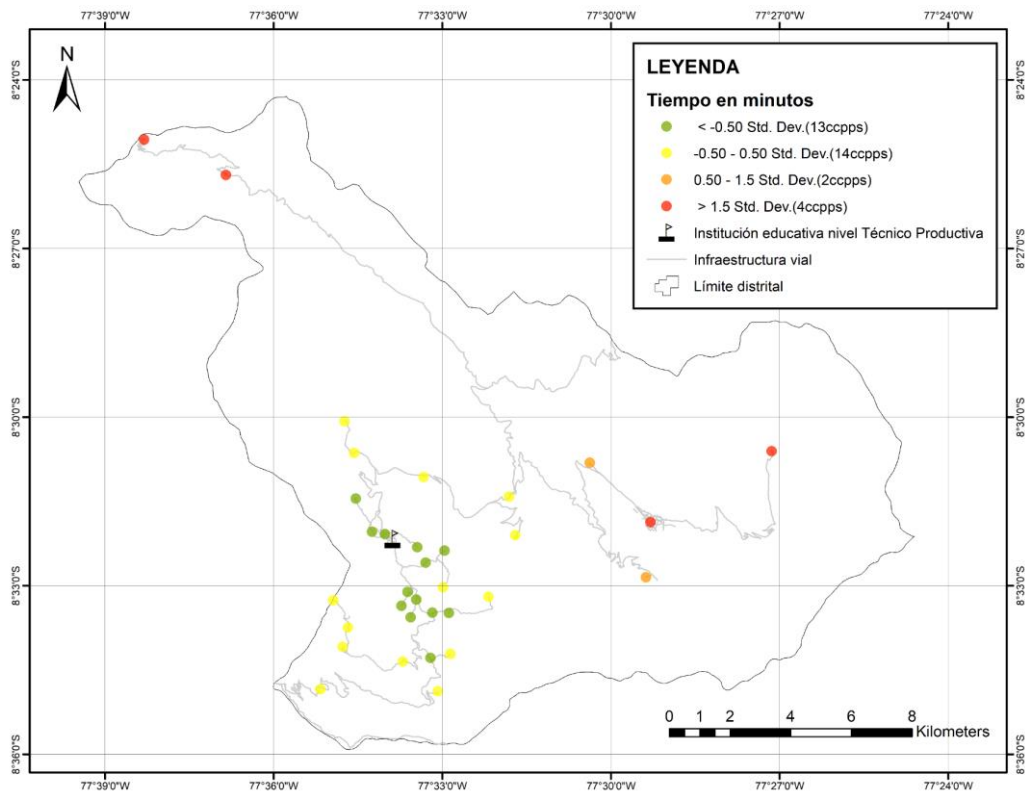


Figura 47: Mapa de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado

Según la Tabla 30 a pesar de que en el intervalo de mayor tiempo se encuentre menos cantidad de centros poblados, en el mismo se presenta el mayor porcentaje de población (38.5 por ciento) requiriendo entre 98.87 a 157.97 minutos aproximarse a la institución educativa técnico productivo más cercana. Por otro lado, el 26.74 y 29.5 por ciento se encuentran en los intervalos uno y dos; donde se encuentran a 17.19 minutos como máximo y 17.20 a 58.03 minutos respectivamente. La menor proporción de población (5.42 por ciento) se ubica en el tercer intervalo donde el tiempo oscila entre 58.04 y 98.86 minutos.

Tabla 30: Distribución de la población y centros poblados según intervalo de desviación típica de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana

Tiempo en Minutos	Número de centros poblados	Habitantes	%	Centros Poblados
0.72 - 17.19	13	997	26.74	HUAYLLABAMBA, FLORIDA, SUCCHA, CUTAMAYO, ANGASH, SAN JOSE, MARCO, PIRPO, PINGULLO, CHINCHU, OGAPAMPA, MIRAFLORES, PUCALLPA
17.20 - 58.03	14	1100	29.5	GARHUASACA, CRUCE AHIJADERO, CHULLIN, TUPAC AMARU, AHIJADERO, PAROBAMBA CHICO, CUYOJHUAYLLA 1, AYTUMANGA (AGUITUMANGA), CUYOJHUAYLLA 2, PUNACocha, GASAJPAMPA, HUARACUY, MARAYBAMBA ABAJO, UCHUGAGA
58.04 - 98.86	2	202	5.42	RUMICHACA, COLCABAMBA
98.87 - 157.97	4	1430	38.35	LLAMA, SACSAY, PACHAVILCA, SANTA CLARA

4.5. TENDENCIA GLOBAL DE LOS DATOS

El análisis de tendencia global de los datos permite determinar la posible existencia de un comportamiento o patrón espacial de la cual dependa el valor de la variable en estudio.

4.5.1 Establecimiento de salud – Tendencia global de los datos

En el análisis de tendencia global del tiempo a los establecimientos de salud se presenta la Figura 48 donde en el plano YZ muestra que existe una tendencia a disminuir el tiempo requerido conforme el centro poblado se encuentra más al sur, pero en cierto punto de inflexión al sur, la disminución decrece y llega a ser nula. Por otro lado, en el plano XZ, la gráfica de tendencia del tiempo disminuye al localizarse los centros poblados en el centro del distrito; al este y al oeste aumenta, sin embargo, existe una mayor tendencia al aumento en el oeste.

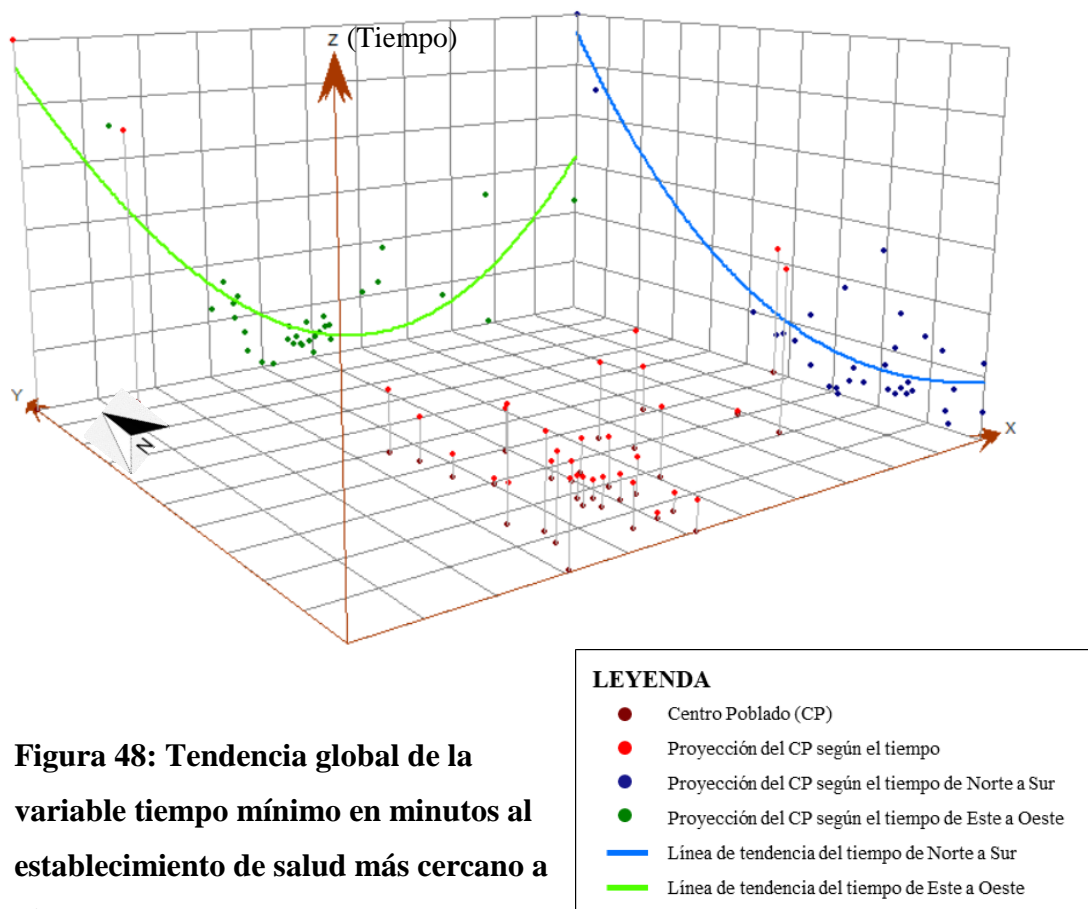


Figura 48: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado

4.5.2 Establecimiento de salud tipo I-1 – Tendencia global de los datos

La Figura 49, que representa al análisis de la tendencia del tiempo requerido a establecimientos de salud tipo I-1 muestra que en el plano YZ existe una tendencia lineal de la variable tiempo a disminuir conforme los registros se encuentren más al sur del área de estudio. Así mismo, la tendencia que se presenta en el plano XZ evidencia que al localizarse en el centro y ligeramente al oeste del distrito, se encontrarán los menores tiempos requeridos; caso contrario sucede cuando se aproximan a las zonas este y oeste, en donde el tiempo tiende a aumentar.

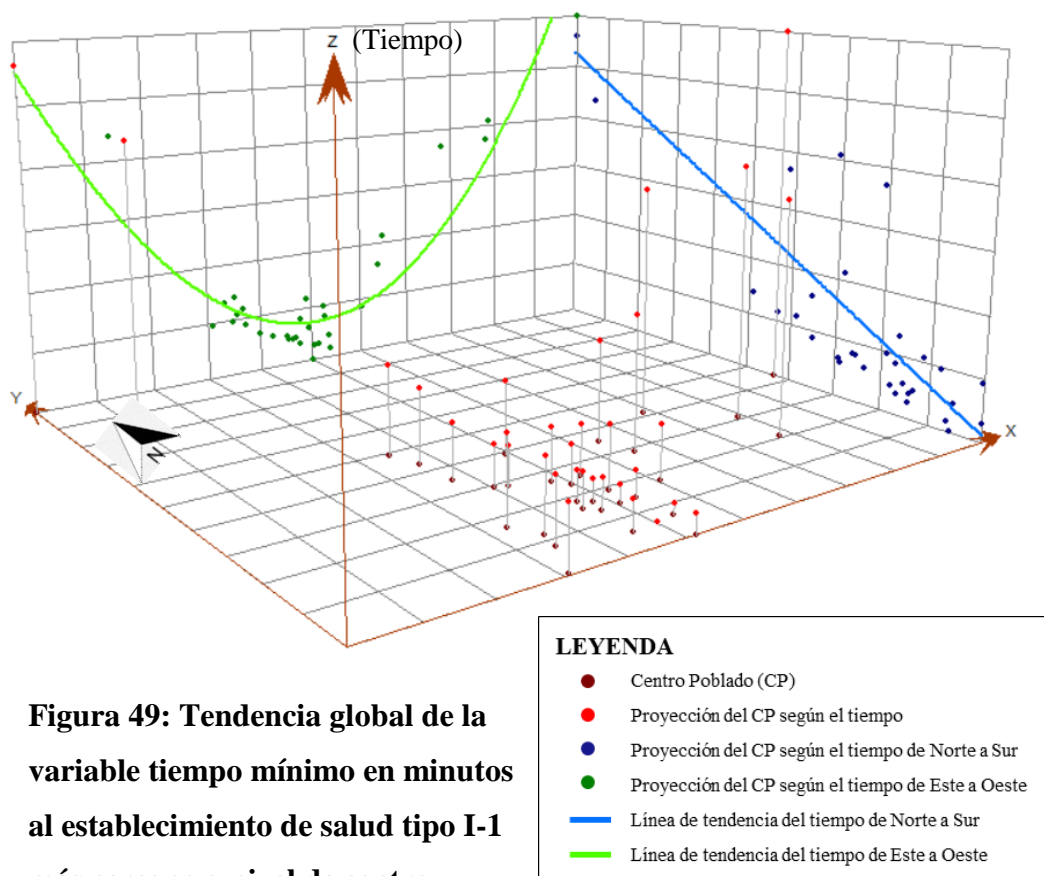


Figura 49: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado

4.5.3 Establecimiento de salud tipo I-2 – Tendencia global de los datos

La ubicación espacial del establecimiento de salud tipo I-2 influye considerablemente en la tendencia espacial del tiempo requerido a este servicio básico en estudio y esto se refleja en la diferencia de la tendencia con los establecimientos de salud I-1 y I-3. En el plano YZ se muestra que valores inferiores de tiempo se encuentran al centro del distrito a diferencia de las zonas norte y sur. Así mismo, en el plano XZ existe una tendencia lineal a la disminución del tiempo conforme los registros se ubiquen más al este.

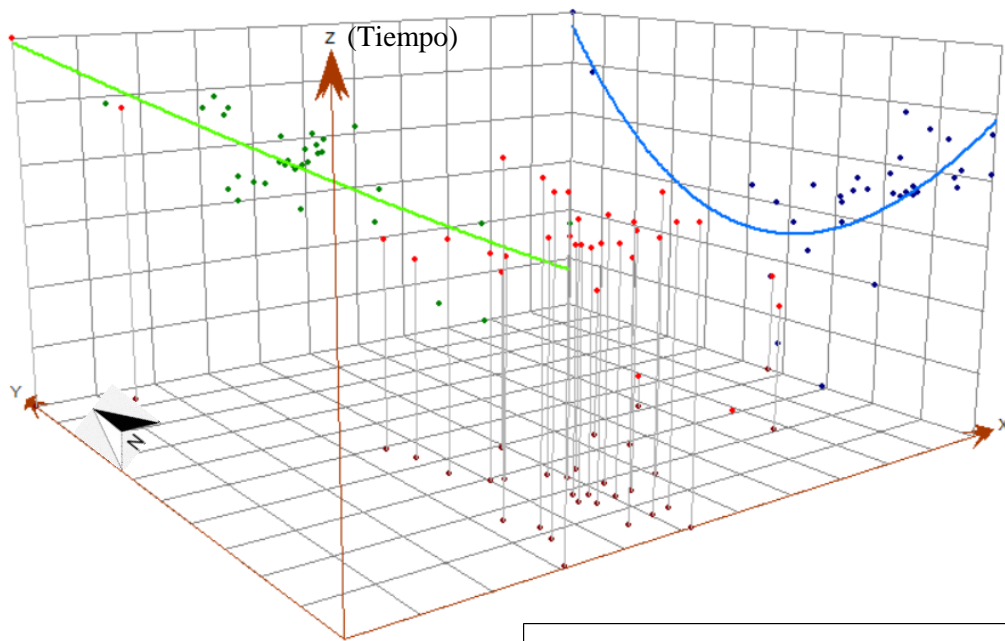


Figura 50: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado

LEYENDA	
●	Centro Poblado (CP)
●	Proyección del CP según el tiempo
●	Proyección del CP según el tiempo de Norte a Sur
●	Proyección del CP según el tiempo de Este a Oeste
—	Línea de tendencia del tiempo de Norte a Sur
—	Línea de tendencia del tiempo de Este a Oeste

4.5.4 Establecimiento de salud tipo I-3 – Tendencia global de los datos

La Figura 51 muestra la tendencia del tiempo requerido al establecimiento de salud tipo I-3, donde en el plano YZ la variable tiende a disminuir mientras la ubicación de los centros poblados es al sur, sin embargo, esta disminución decrece (en cierto punto de inflexión al sur). Por otro lado, en los ejes XZ, se presenta un comportamiento similar al detallado en el establecimiento I-1, donde al centro y ligeramente al oeste del ámbito, los valores del tiempo tienden a ser menores respecto al este y oeste.

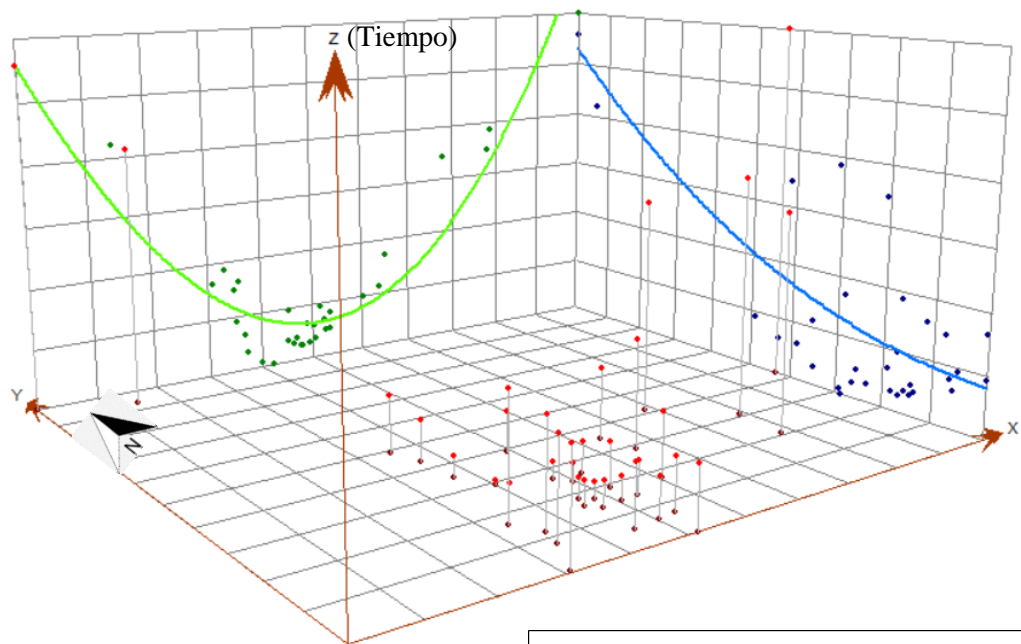


Figura 51: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado

LEYENDA	
●	Centro Poblado (CP)
●	Proyección del CP según el tiempo
●	Proyección del CP según el tiempo de Norte a Sur
●	Proyección del CP según el tiempo de Este a Oeste
—	Línea de tendencia del tiempo de Norte a Sur
—	Línea de tendencia del tiempo de Este a Oeste

4.5.5 Institución educativa – Tendencia global de los datos

A diferencia de los gráficos de tendencia presentados en establecimientos de salud donde existían diferencias notables en la variable respecto a la ubicación del registro. El análisis de las instituciones educativas evidencia que, según la Figura 52, a pesar de que exista una tendencia al aumento del tiempo de norte al centro y una ligera tendencia a la disminución de centro a sur (en el caso del plano YZ); y en el plano XZ un aumento en el tiempo de este a centro y de igual manera de oeste a centro; estas tendencias no son considerables en comparación a las antes mencionadas.

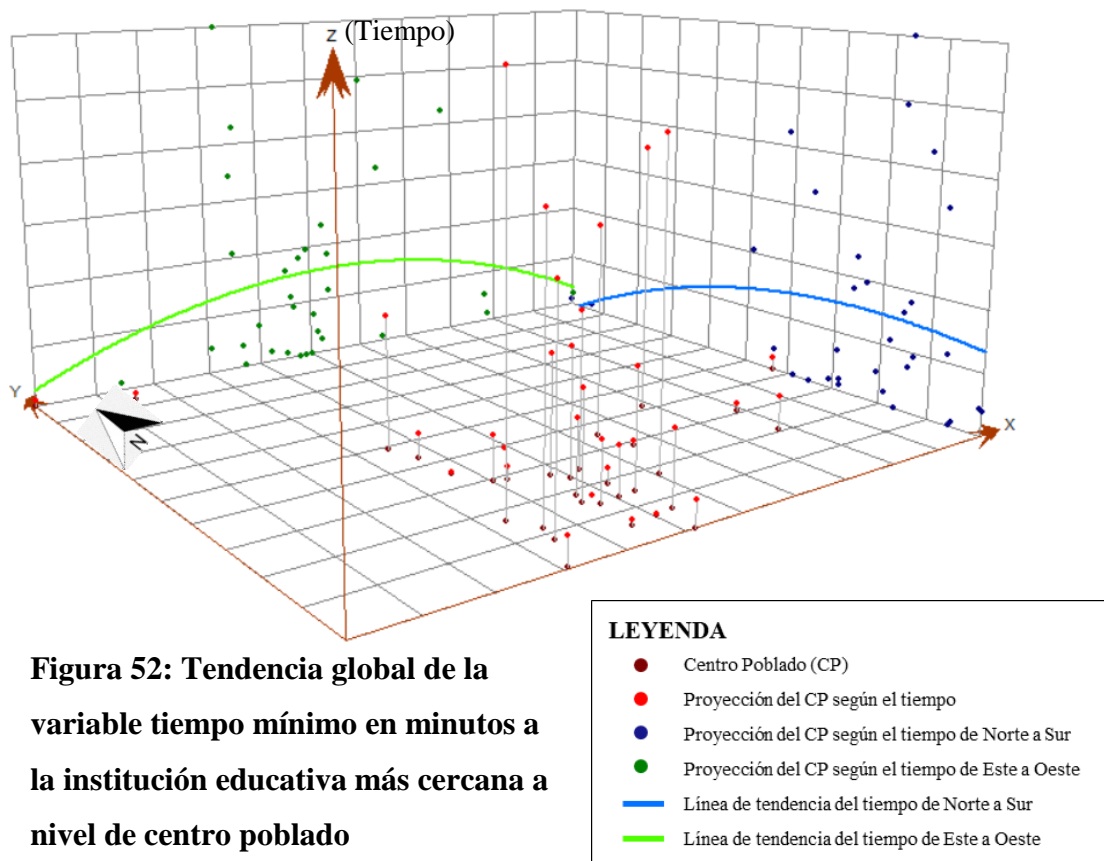


Figura 52: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa más cercana a nivel de centro poblado

4.5.6 Institución educativa nivel inicial – jardín – Tendencia global de los datos

En la Figura 53 de tendencia global del tiempo requerido a la institución educativa inicial – jardín se observa que de norte a sur la variable tiende a aumentar, existiendo un punto de quiebre en el centro ligeramente al norte del distrito, a partir del cual el aumento es mayor. Así mismo la tendencia en la zona centro es a encontrar valores superiores de tiempo con respecto al tiempo requerido encontrándose los centros poblados en el este y oeste del área de estudio.

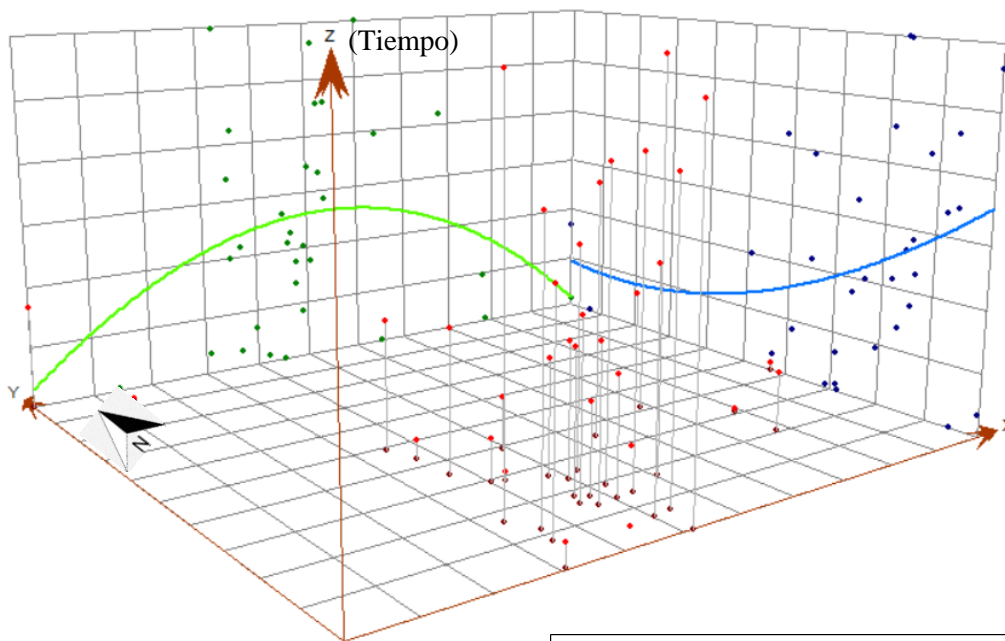


Figura 53: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial – Jardín más cercana a nivel de centro poblado

LEYENDA

- Centro Poblado (CP)
- Proyección del CP según el tiempo
- Proyección del CP según el tiempo de Norte a Sur
- Proyección del CP según el tiempo de Este a Oeste
- Línea de tendencia del tiempo de Norte a Sur
- Línea de tendencia del tiempo de Este a Oeste

4.5.7 Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado – Tendencia global de los datos

La Figura 54 muestra la tendencia global del tiempo a las instituciones educativas de nivel inicial programa no escolarizado donde, la línea azul en el plano YZ representa a la tendencia lineal de disminución de tiempo de norte a sur. Así mismo la línea verde en el plano XZ evidencia valores bajos al centro y ligeramente al oeste del distrito; y valores altos de tiempo al este y oeste.

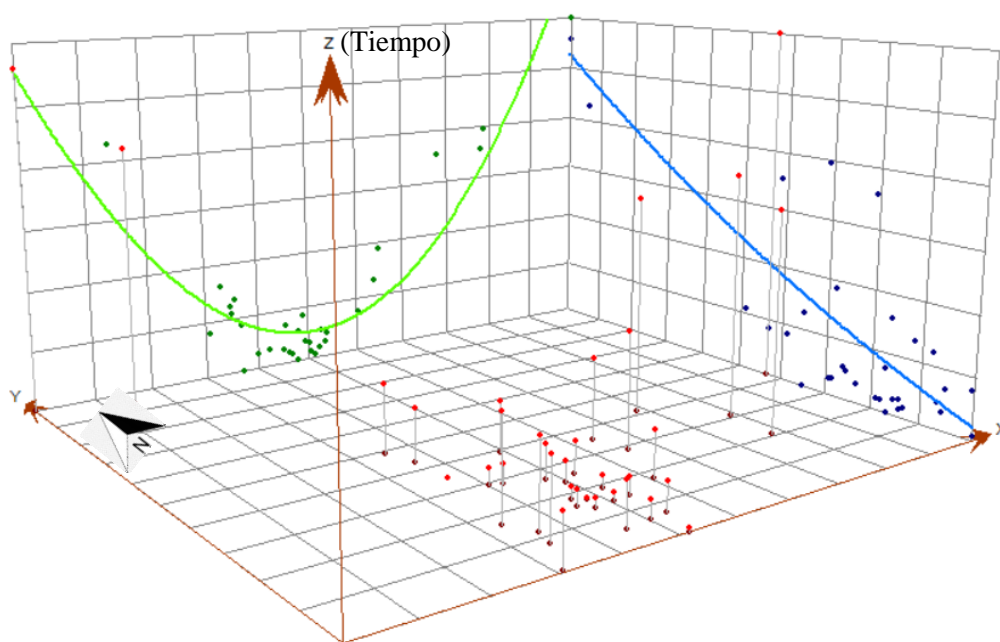


Figura 54: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado

LEYENDA

- Centro Poblado (CP)
- Proyección del CP según el tiempo
- Proyección del CP según el tiempo de Norte a Sur
- Proyección del CP según el tiempo de Este a Oeste
- Línea de tendencia del tiempo de Norte a Sur
- Línea de tendencia del tiempo de Este a Oeste

4.5.8 Institución educativa nivel primaria – Tendencia global de los datos

La Figura 55 evidencia que las gráficas de tendencia del tiempo requerido a las instituciones educativas de nivel primaria no presentan diferencias considerables de la variable en estudio respecto a la ubicación espacial del registro, sin embargo, se pueden describir ligeras diferencias como la presente en el plano YZ, donde la gráfica azul denota valores superiores en la zona centro respecto al sur y norte del distrito. Así mismo, la línea verde representa a la tendencia del incremento del tiempo de oeste a este.

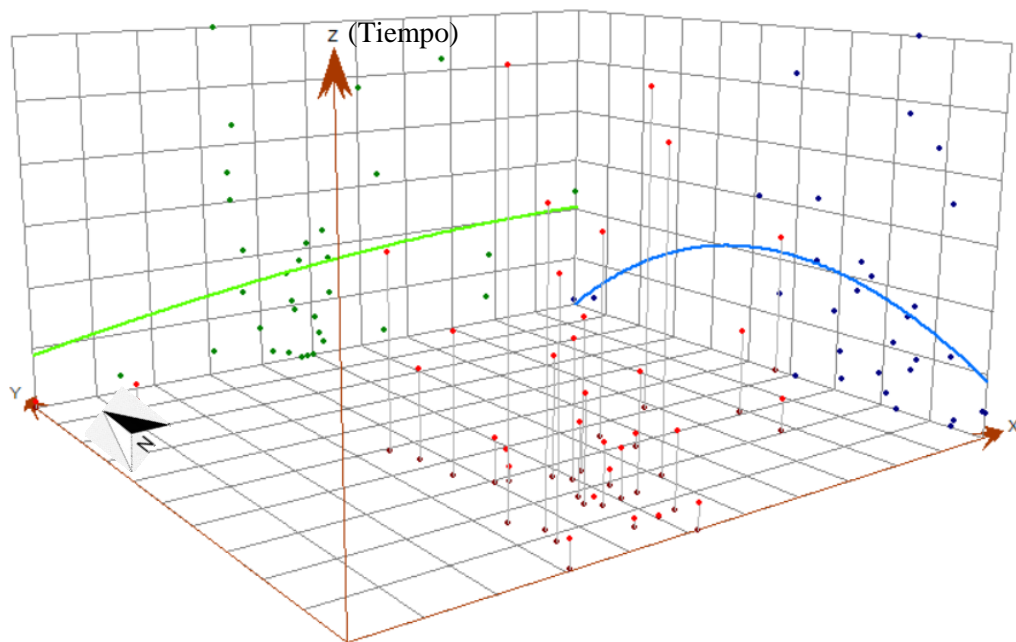


Figura 55: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Primaria más cercana a nivel de centro poblado

LEYENDA	
●	Centro Poblado (CP)
●	Proyección del CP según el tiempo
●	Proyección del CP según el tiempo de Norte a Sur
●	Proyección del CP según el tiempo de Este a Oeste
—	Línea de tendencia del tiempo de Norte a Sur
—	Línea de tendencia del tiempo de Este a Oeste

4.5.9 Institución educativa nivel secundaria – Tendencia global de los datos

El análisis de la tendencia global del tiempo requerido a instituciones educativas de nivel secundaria se describe para la zona norte – sur a través de la gráfica azul, donde la tendencia es encontrar tiempos menores en la zona sur y de la zona centro al norte la tendencia es al aumento del tiempo. Por otro lado, en la zona este – oeste, la línea verde muestra que la tendencia es hallar tiempos bajos en la zona centro ligeramente al este; una tendencia de aumento de centro a oeste y de igual manera de centro a este; sin embargo, en este último el aumento es menor.

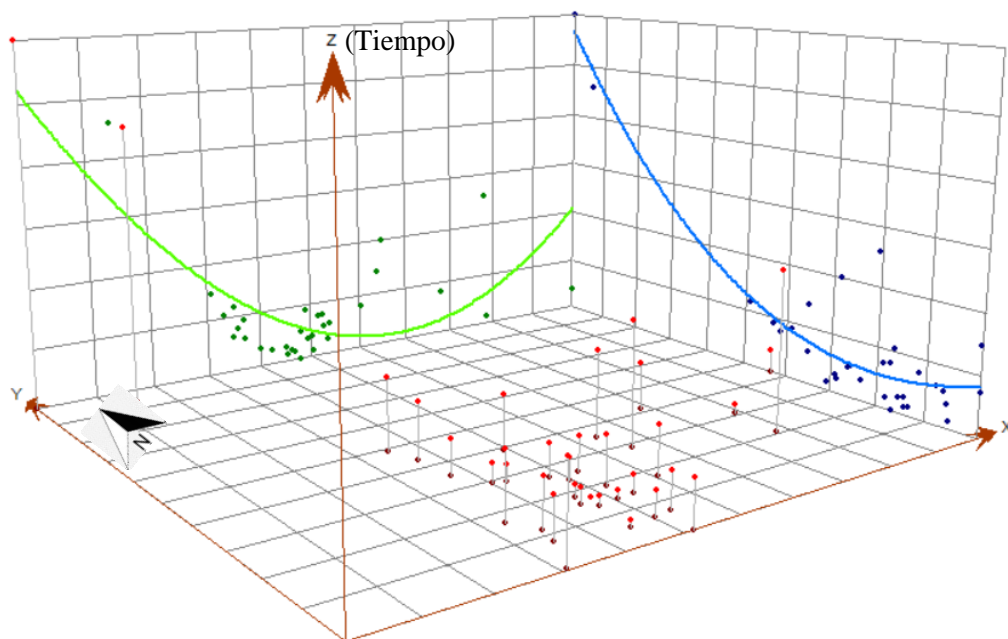


Figura 56: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado

LEYENDA	
●	Centro Poblado (CP)
●	Proyección del CP según el tiempo
●	Proyección del CP según el tiempo de Norte a Sur
●	Proyección del CP según el tiempo de Este a Oeste
—	Línea de tendencia del tiempo de Norte a Sur
—	Línea de tendencia del tiempo de Este a Oeste

4.5.10 Institución educativa nivel técnico productiva – Tendencia global de los datos

Según la Figura 57, la tendencia global del tiempo a las instituciones de nivel técnico productiva se describe por las gráficas azul y verde, donde la primera muestra una tendencia al aumento del tiempo de sur a norte; y la segunda explica que valores bajos de tiempo se encuentran en la zona centro ligeramente al oeste, además de una tendencia al aumento de centro a este y centro a oeste.

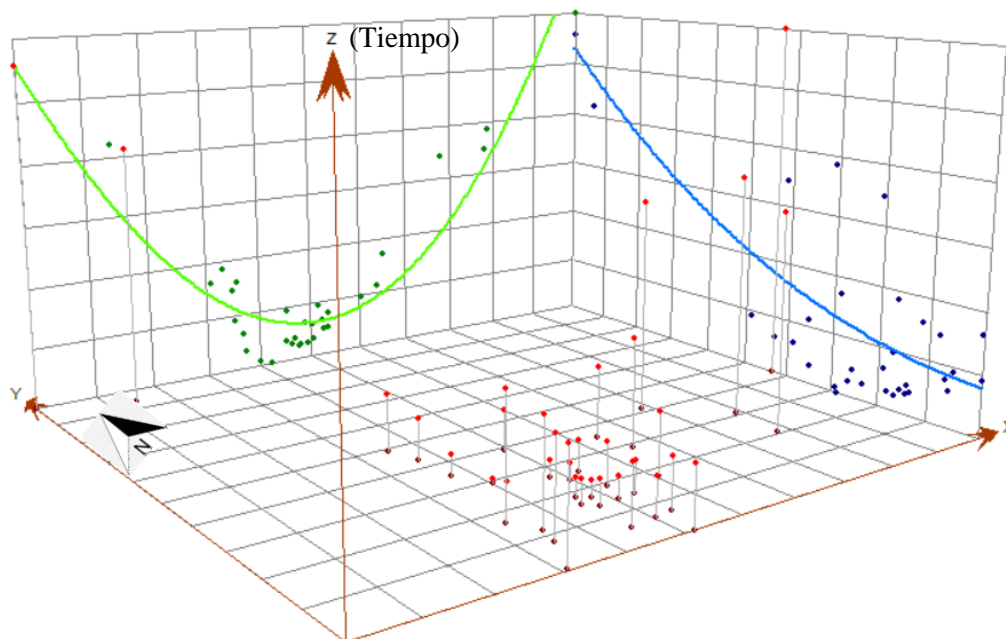


Figura 57: Tendencia global de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado

LEYENDA	
●	Centro Poblado (CP)
●	Proyección del CP según el tiempo
●	Proyección del CP según el tiempo de Norte a Sur
●	Proyección del CP según el tiempo de Este a Oeste
—	Línea de tendencia del tiempo de Norte a Sur
—	Línea de tendencia del tiempo de Este a Oeste

4.6. AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

El presente ítem tiene como objetivo principal determinar si existe dependencia espacial de la variable en estudio. La base para cumplir dicho objetivo es el cálculo de indicadores y sus parámetros del nivel de significancia, donde los indicadores a aplicar son el Índice Global de Moran y el Índice Local de Asociación Espacial (LISA).

4.6.1 Índice Global de Moran

Este índice tiene como objetivo validar estadísticamente a través del p-valor, si existe una distribución espacial agrupada, dispersa o aleatoria.

La Tabla 31 muestra los resultados obtenidos del índice de moran del tiempo requerido a cada uno de los tipos de establecimientos, donde un valor en el índice positivo evidencia una

distribución agrupada, es decir, registros con valores altos en tiempo se encuentran cercanos unos a otros, y/o el mismo comportamiento se presenta en registros con valores bajos; índices negativos indican dispersión, es decir centros poblados con tiempos altos rodeados de bajos y/o viceversa. Sin embargo, se debe considerar que esta distribución puede deberse al azar, por ello, es fundamental el cálculo del p-valor, el cual indica la probabilidad de que este comportamiento se deba o no a un chance aleatorio. En el presente estudio se considera 0.05 como umbral de p-valor, donde aquellos valores por debajo de este validan el resultado como significativo; caso contrario la distribución es aleatoria.

Tabla 31: Resultados del cálculo del Índice Global de Moran

Código Establecimiento	Índice de Moran	p-valor	Nivel de significancia	Distribución
IS	0.702	0.001	Significativo	Agrupado
I-1	0.783	0.001	Significativo	Agrupado
I-2	0.695	0.001	Significativo	Agrupado
I-3	0.737	0.001	Significativo	Agrupado
IE	-0.026	0.444	Aleatorio	Aleatorio
A2	0.111	0.061	Aleatorio	Aleatorio
A5	0.761	0.001	Significativo	Agrupado
B0	-0.056	0.644	Aleatorio	Aleatorio
F0	0.786	0.001	Significativo	Agrupado
L0	0.738	0.001	Significativo	Agrupado

Los resultados obtenidos reflejan lo previamente analizado en los mapas de cuantiles, mapas desviación estándar y análisis de tendencia global; donde no era evidente algún patrón o comportamiento espacial del tiempo para las instituciones educativas (IE), instituciones educativas nivel inicial – jardín (A2) e instituciones educativas nivel primaria (B0). Por otro lado, en los establecimientos de servicio básico no mencionados se presenta una característica fuerte de distribución espacial agrupada, es decir, centros poblados con altos valores en tiempo se encuentran cercanos a otros con la misma característica y/o el mismo comportamiento existe en centros poblados con valores menores en tiempo.

4.6.2 Índice Local de Asociación Espacial (LISA)

El Índice Global de Moran permite afirmar estadísticamente si la variable en evaluación presenta algún patrón espacial, sin embargo, es necesario complementar este resultado a través de la identificación de estos patrones en cada uno de los registros evaluados, objetivo el cual es realizado con el apoyo del cálculo del Índice Local de Asociación Espacial.

LISA, según su abreviación en inglés (*Local Indicators of Spatial Association*), calcula indicadores y p-valores para cada uno de los registros en estudio, es decir, si existen 33 registros, se obtendrán 33 índices y p-valores. Estos resultados, junto con el promedio de la variable se utilizan como insumo para la categorización de los registros por agrupamiento o *cluster*, donde las categorías se dividen y definen según la Tabla 32.

Tabla 32: Descripción de la categorización de registros según Cluster LISA

Cluster LISA	Condición	
	Lógica	Detalle
No Significativo (Not significant)	$p\text{-valor} > 0.05$	Pvalor mayor a 0.05
Alto - Alto (High - High)	$p\text{-valor} < 0.05 \wedge x > \bar{x} \wedge I > 0$	Pvalor menor igual a 0.05, variable por encima de la media e índice positivo.
Bajo - Bajo (Low - Low)	$p\text{-valor} < 0.05 \wedge x < \bar{x} \wedge I > 0$	Pvalor menor igual a 0.05, variable por debajo de la media e índice positivo.
Alto - Bajo (High - Low)	$p\text{-valor} < 0.05 \wedge x < \bar{x} \wedge I < 0$	Pvalor menor igual a 0.05, variable por debajo de la media e índice negativo.
Bajo - Alto (Low - High)	$p\text{-valor} < 0.05 \wedge x > \bar{x} \wedge I < 0$	Pvalor menor igual a 0.05, variable por encima de la media e índice negativo.

La elaboración de los mapas de Cluster LISA se emplea sólo a aquellos establecimientos cuyo tiempo requerido posee un nivel de significancia no aleatorio obtenido en la Tabla 32.

4.6.3 Establecimiento de salud – Mapa de Clusters LISA

La Figura 58 muestra la categorización de los centros poblados según el índice del tiempo requerido al establecimiento de salud más cercano. La característica más resaltante se encuentra presente en el suroeste, donde registros de valores bajos se encuentran rodeados de valores bajos, siendo esta la categoría con mayor predominancia (17 de 33 registros). Así mismo, existen 5 centros poblados con valores altos de tiempo localizados en el suroeste por lo tanto se encuentran rodeados de registros con valores bajos (clúster Alto - Bajo); y hay 2 centros poblados ubicados en el noroeste del distrito con valores altos de tiempo (clúster Alto - Alto).

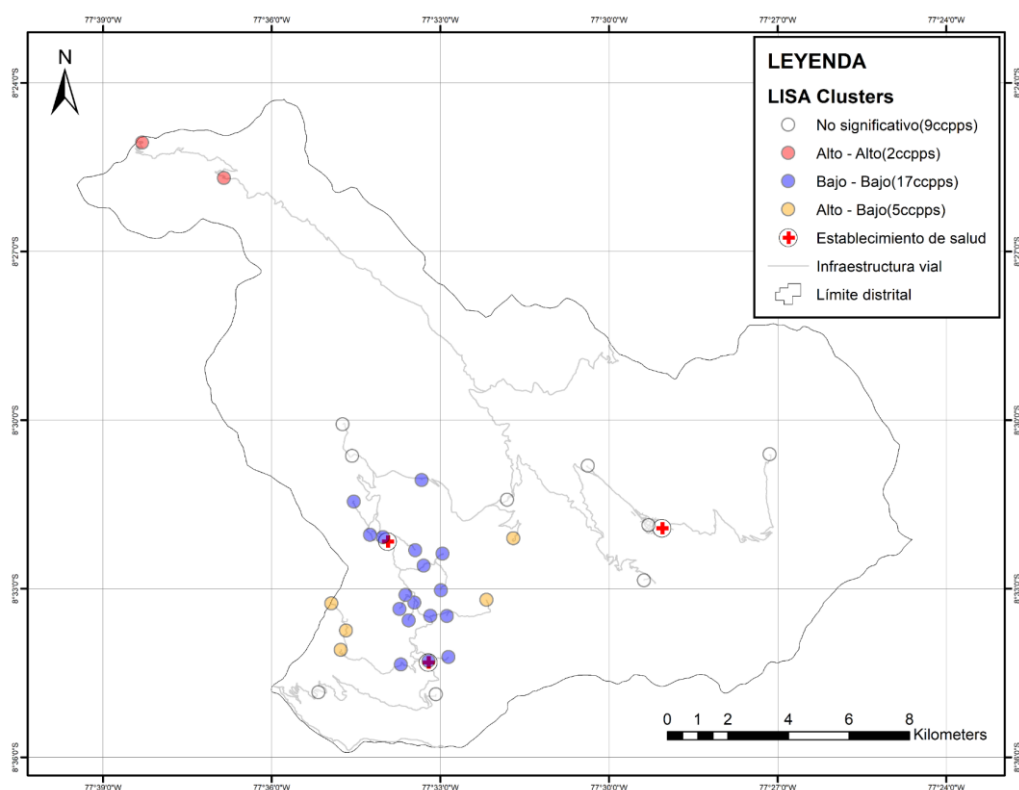


Figura 58: Mapa de clústeres LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud más cercano a nivel de centro poblado

4.6.4 Establecimiento de salud tipo I-1 – Mapa de Clusters LISA

Según la Figura 59, el mapa de clusters del tiempo requerido a establecimientos de salud tipo I-1 muestra que la característica predominante se ubica en la zona suroeste del ámbito

de estudio, donde, 23 registros con valores bajos se encuentran cercanos a otros con similares características (clúster Bajo – Bajo). Además, en el sureste y noroeste se observan centros poblados del clúster Alto- Alto.

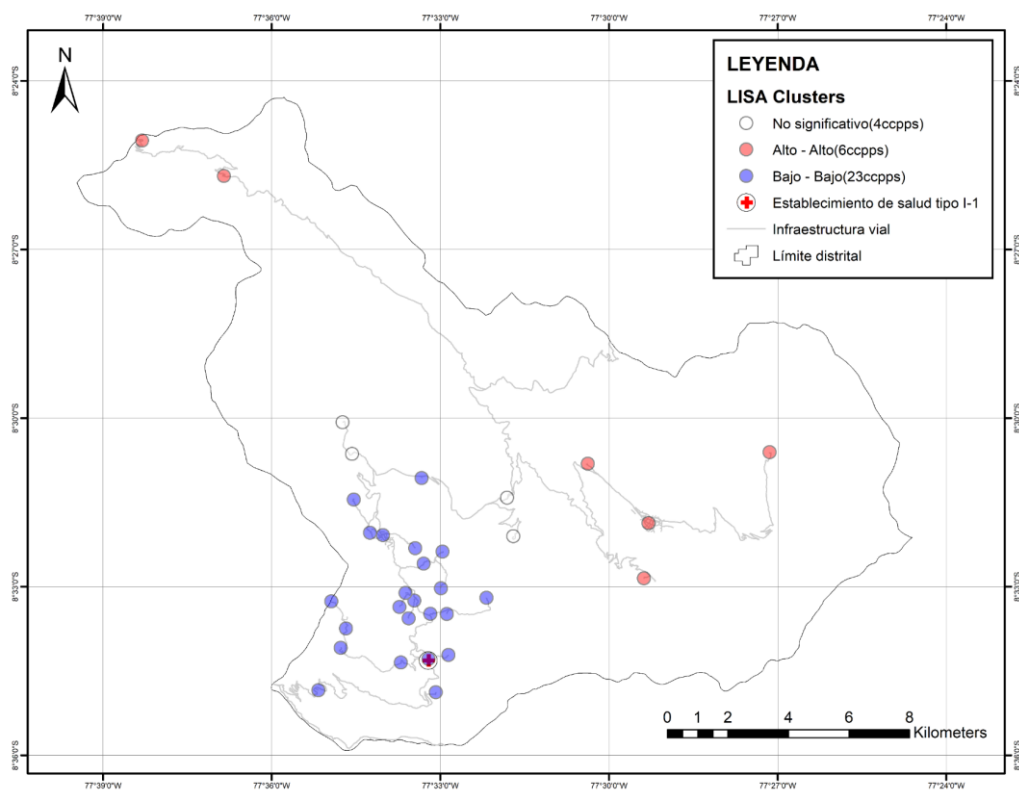


Figura 59: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-1 más cercano a nivel de centro poblado

4.6.5 Establecimiento de salud tipo I-2 – Mapa de Clusters LISA

A diferencia de la categorización resultante para los establecimientos de salud tipo I-1, en la Figura 60 se observa que el tipo de clúster con mayor predominancia es el Alto – Alto con 14 centros poblados presentes en el suroeste y noroeste. Así mismo, un total de 5 registros están categorizados como Bajo – Bajo y se encuentran distribuidos al centro y sureste del distrito.

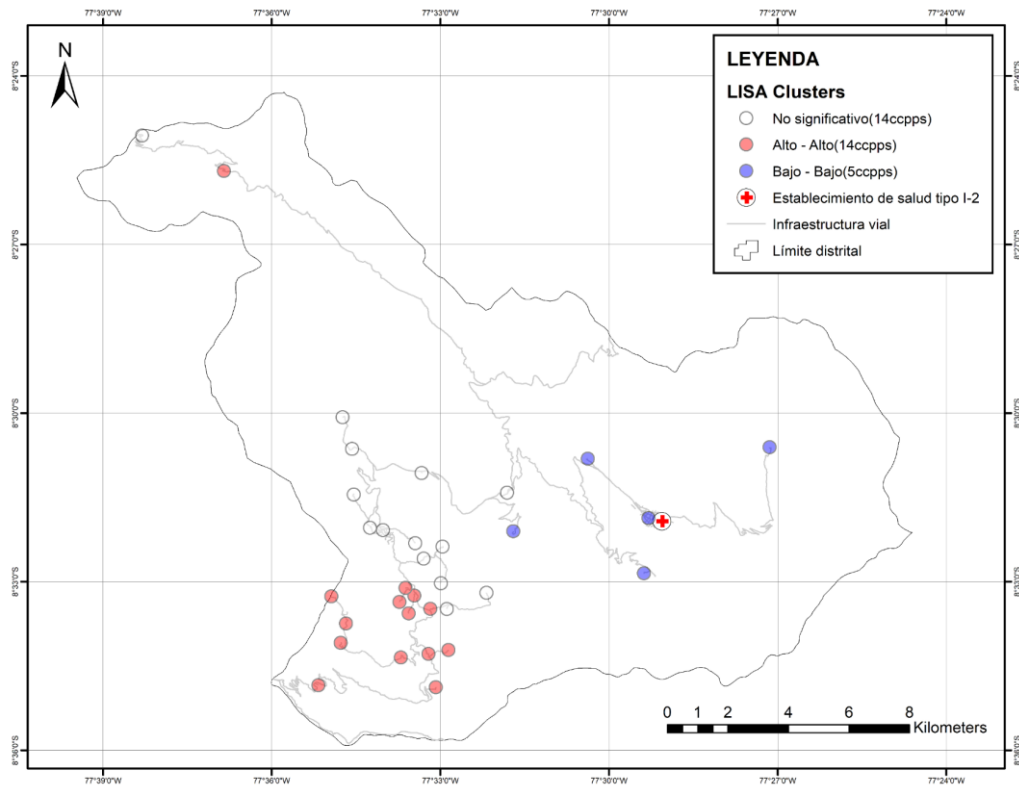


Figura 60: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-2 más cercano a nivel de centro poblado

4.6.6 Establecimiento de salud tipo I-3 – Mapa de Clusters LISA

El mapa de clusters LISA del tiempo requerido a los establecimientos de salud tipo I-3, representado en la Figura 61, muestra características similares a los establecimientos de salud tipo I-1, una predominancia en la categoría Bajo – Bajo, en el cual se ubican 22 centros poblados distribuidos al suroeste, así mismo de la presencia de registros con valores altos rodeados de altos en el noroeste y sureste; sin embargo, existe una ligera diferencia, la cual es la presencia de centros poblados de valores altos cercanos registros con valores bajos ubicados en el suroeste del distrito.

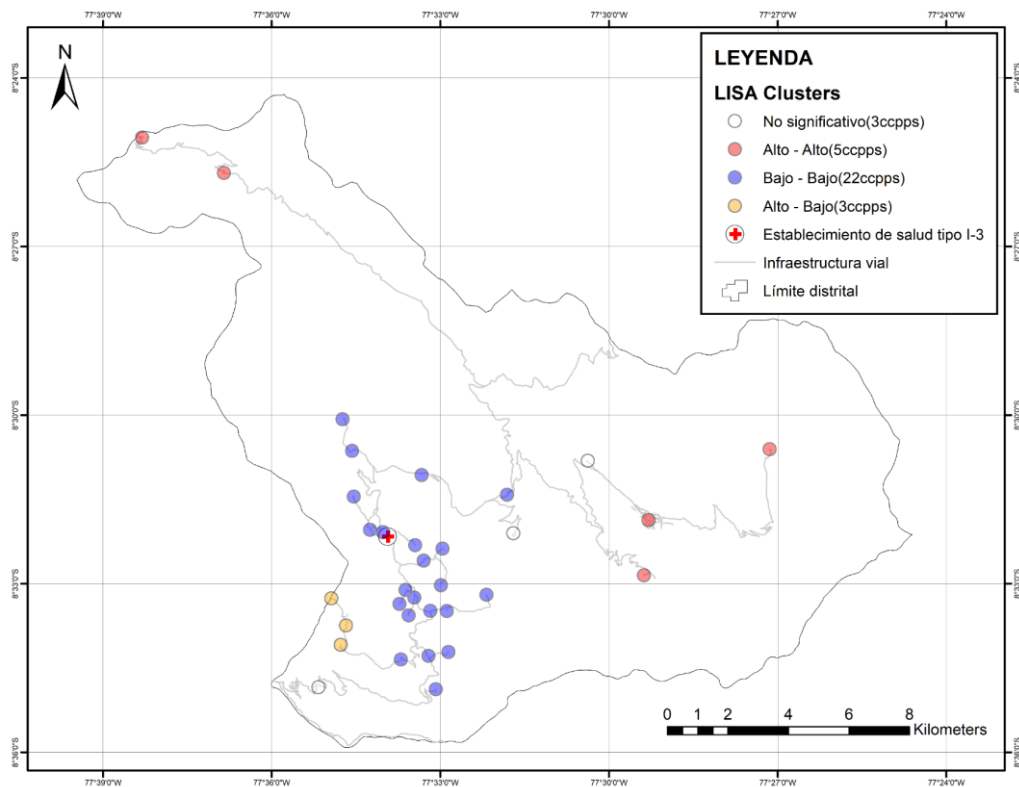


Figura 61: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos al establecimiento de salud tipo I-3 más cercano a nivel de centro poblado

4.6.7 Institución educativa nivel inicial programa no escolarizado – Mapa de Clusters LISA

A través de la Figura 62 que detalla la categorización de los centros poblados según el tiempo requerido a instituciones educativas nivel inicial programa no escolarizado se puede describir que 21 registros pertenecen a la categoría de clúster Bajo – Bajo, los cuales se encuentran en la zona suroeste del área de estudio, además existen 6 centros poblados en el noroeste y sureste del distrito que se encuentran en la categoría de valores altos rodeados de altos; y por último la categoría Alto – Bajo se encuentra presente en 2 registros en la zona suroeste, ya que consta de centros poblados con valores altos rodeados de registros de valores bajos de tiempo (21 centros poblados Bajo – Bajo).

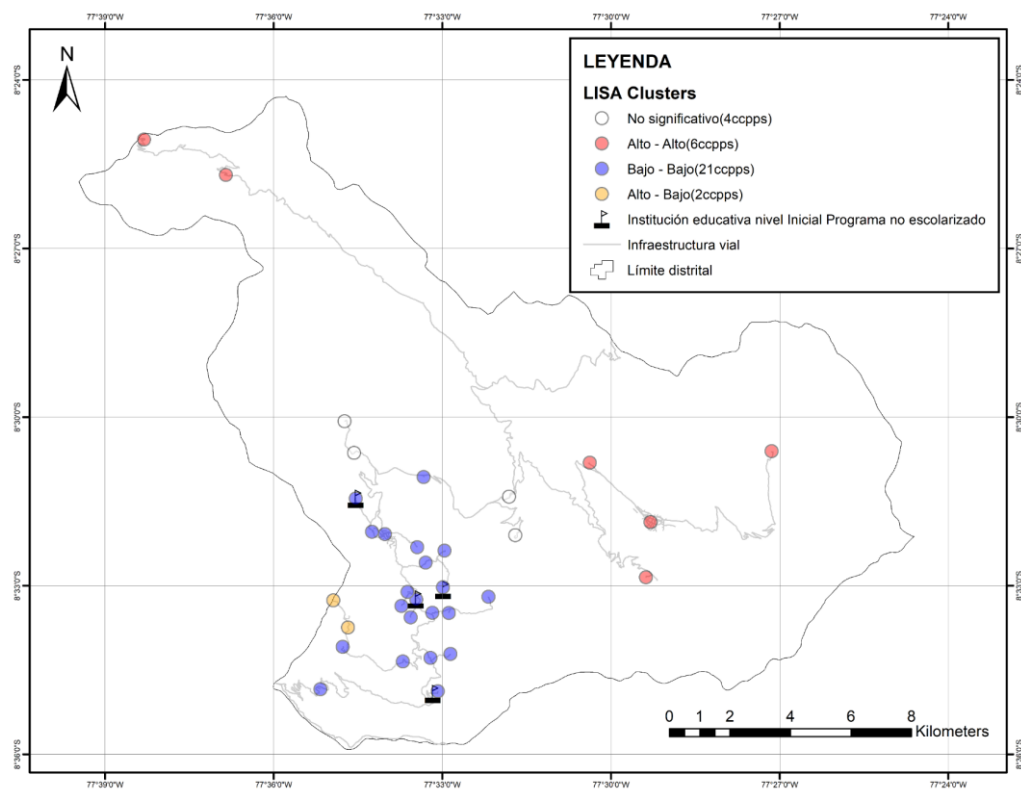


Figura 62: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Inicial Programa no escolarizado más cercana a nivel de centro poblado

4.6.8 Institución educativa nivel secundaria – Mapa de Clusters LISA

La Figura 63 muestra el mapa de clusters LISA del tiempo requerido a las instituciones educativas secundaria, donde se visualiza que en el suroeste del área de estudio los centros poblados con bajos valores de tiempo se encuentran cercanos unos a otros (clúster Bajo – Bajo) siendo un total de 21 registros en esta categoría; además se encuentran algunos centros poblados con valores altos que al estar en la misma área, es decir, rodeados de registros con valores bajos, representan al clúster Alto – Bajo; y finalmente dos registros con valores altos se sitúan en el noroeste del ámbito.

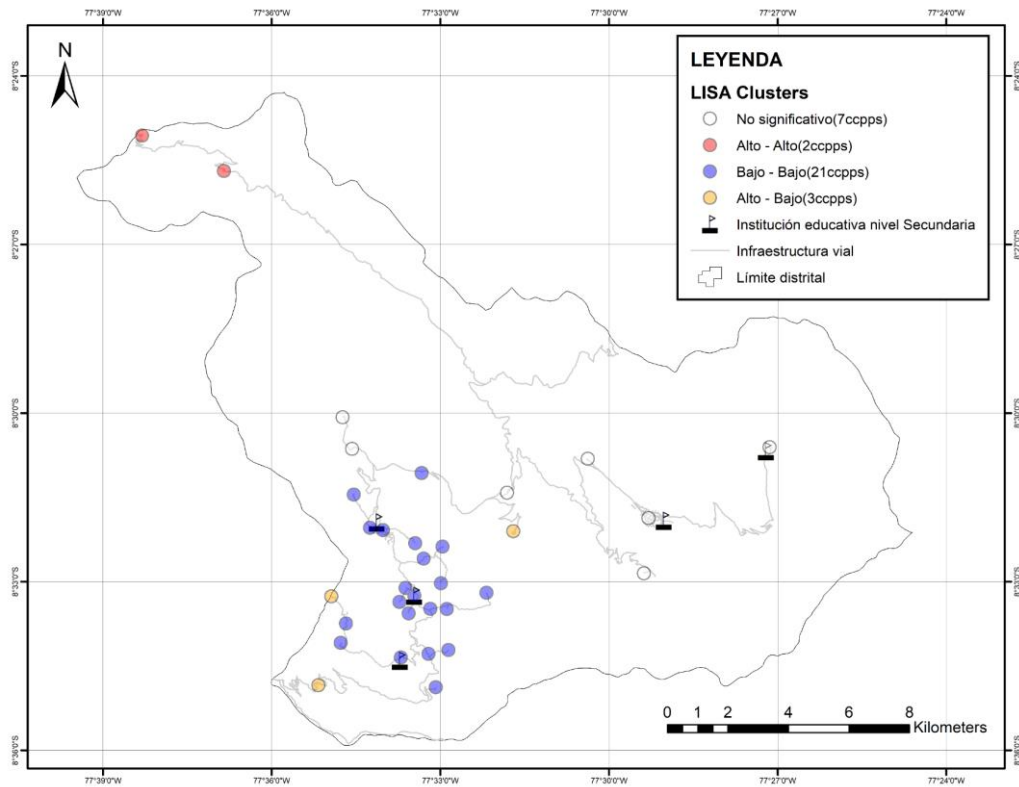


Figura 63: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Secundaria más cercana a nivel de centro poblado

4.6.9 Institución educativa nivel técnico productiva – Mapa de Clusters LISA

El mapa de clúster para instituciones educativas técnico productivas, mostrado en la Figura 64, reafirma lo observado en las otras instituciones educativas que es la resaltante característica de centros poblados con valores bajos agrupados ubicados en el suroeste con una leve presencia de registros con valores altos que pertenecen al clúster Alto – Bajo. Por otro lado, permanece la presencia observada en los anteriores mapas, esta es de 2 centros poblados en la zona noroeste con valores altos (clúster Alto – Alto), sin embargo, en este caso se observan 3 centros poblados en la zona sureste de la categoría mencionada.

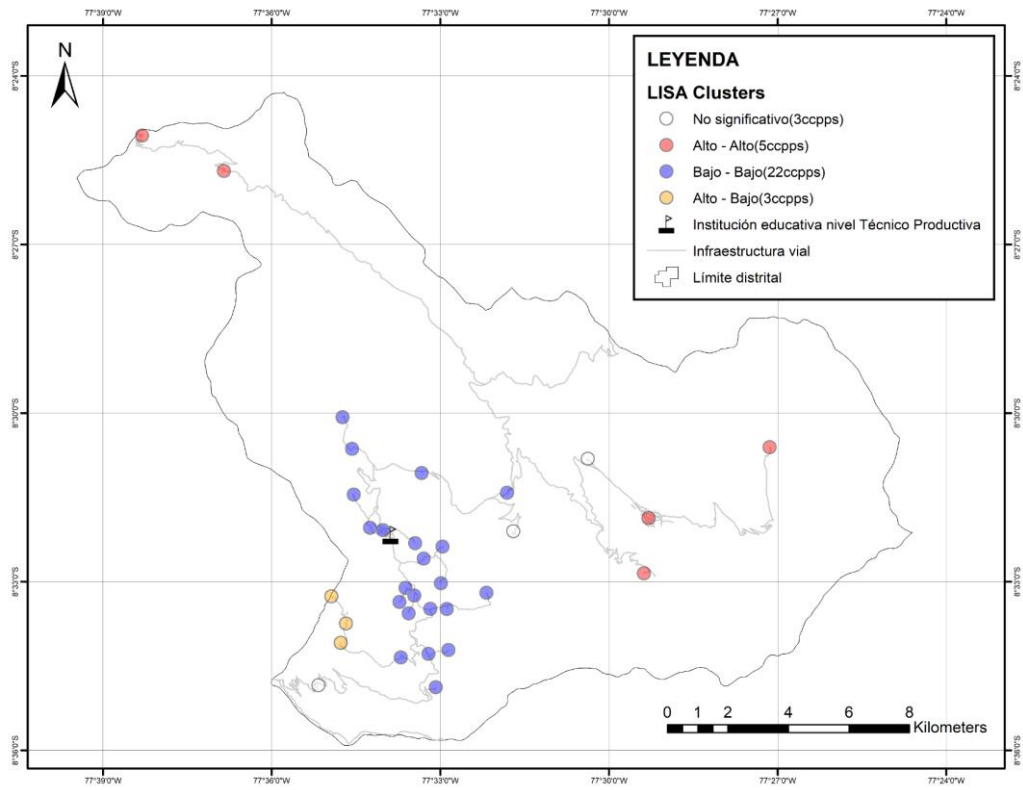


Figura 64: Mapa de clusters LISA de la variable tiempo mínimo en minutos a la institución educativa nivel Técnico Productiva más cercana a nivel de centro poblado

V. CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo se logró determinar el grado de accesibilidad en el distrito, en donde se encontró un déficit de accesibilidad en las localidades del noroeste para servicios de salud, en general, y servicios de educación del tipo inicial no escolarizado, secundaria y técnico productiva.
2. Los valores de tiempo obtenidos en la construcción de las superficies de fricción indican que, en promedio, el tiempo de recorrido de un metro de superficie vial es menor al tiempo utilizado en hidrovías, y este último es menor al tiempo empleado en superficie natural (a pie).
3. La superficie de fricción a pie es aquella con mayor implicancia en la construcción de la superficie integrada, esto se evidencia por la gran similitud entre sus distribuciones, así mismo, debido a su naturaleza, la superficie natural se encuentra presente en casi todo el ámbito de estudio a diferencia de las superficies hídrica y vial, sin embargo, la presencia de valores extremos inferiores en la distribución, indica que también existe una influencia de estas superficies.
4. Los mapas del tiempo de desplazamiento son el resultado del modelamiento del tiempo acumulado; el modelo afirma que el valor del tiempo acumulado se encuentra altamente relacionado a la infraestructura vial, esta superficie según su finalidad estaría acortando las brechas de tiempo entre ubicaciones alejadas, es así evidente, la presencia de lugares inaccesibles debido a la ausencia de infraestructura vial.
5. El análisis espacial para los establecimientos de salud indica que el 32.98 por ciento de la población se encuentra a más de 29.98 minutos de algún establecimiento de salud, siendo el tipo I-2 el más inaccesible, con un total de 2 667 personas (71.78 por ciento) a por lo menos 55.40 minutos de esta; y los de categoría I-1 y I-3, el 43.77 por ciento de la población se encuentra a por lo menos 68.30 minutos y 58.02 minutos respectivamente de cada una, esta característica del mismo porcentaje se debe a la ubicación cercana entre ambos establecimientos (zona suroeste). Así mismo los cálculos de los índices de autocorrelación espacial resaltan que la zona más crítica, es decir, aquella con valores altos de tiempo, se ubica en el noroeste para los tres tipos de establecimiento de salud,

sin embargo, al analizar el LISA, se encuentran algunas diferencias como en la zona suroeste, donde para los tipos I-1 y I-3 se encuentra el clúster bajo – bajo, lo contrario para la categoría I-2 (clúster alto – alto); y en el sureste el comportamiento es inverso, clúster alto – alto para establecimientos I-1 y I-3 y clúster bajo – bajo en el caso I-2.

6. El análisis espacial respecto a las instituciones educativas muestra que el total de población se encuentra a 24.15 minutos de algún centro educativo, sin embargo, al nivel de categorías existe un déficit de accesibilidad considerable en las instituciones educativas inicial programa no escolarizado y técnico productiva de 1762 personas (47.25 por ciento) a más de 36.48 minutos, seguido de un déficit de accesibilidad menor, donde 680 personas (18.24 por ciento) se encuentran a más de 39.98 minutos de alguna institución educativa de nivel secundaria, por último, la población total se encuentra a 24.88 y 24.24 minutos de instituciones primaria e inicial – jardín respectivamente, siendo estas dos categorías las más accesibles. En relación a los cálculos de los índices de autocorrelación espacial, las instituciones educativas inicial – jardín y primaria presentan una distribución espacial aleatoria. Así mismo, se distingue que la zona más crítica, es decir, con valores altos de tiempo (clúster alto – alto), es el noroeste para los casos de establecimientos de salud, instituciones educativas inicial programa no escolarizado, secundaria y técnico productiva; por otro lado, en la zona suroeste se tienen valores bajos de tiempo, el cual se representa en clúster bajo – bajo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Implementar el uso de más variables en el modelo como la disponibilidad de transporte, el uso de animales de fuerza como medio de transporte, barreras dentro de la superficie de fricción de pie, tipo de vehículos, estado de las carreteras, congestión vehicular y la mejora de insumos presentes como el uso de modelos de elevación digital con mayor resolución.
2. Considerar que, para el distrito en estudio, los ríos no son navegables, por lo que la superficie de fricción hídrica no representaría de una manera idónea un tipo de transporte en el ámbito, sin embargo, esta no influye en el cálculo de tiempos obtenidos a los servicios básicos. La aplicación de la superficie hídrica tomaría mayor relevancia en distritos de la Selva que poseen ríos navegables.
3. Incrementar el ámbito de análisis a nivel de provincia o departamento, con la finalidad de observar la influencia de los servicios básicos de distritos vecinos a localidades del distrito en estudio.
4. Realizar un segundo análisis espacial implementando establecimientos de servicios básicos en ubicaciones estratégicas con el fin de disminuir la brecha de accesibilidad con los usuarios utilizando el menor número posible de puntos ficticios.
5. Usar los resultados obtenidos en la presente investigación en la toma de decisiones y la mejora en la planificación territorial de los servicios básicos del distrito de Huayllabamba.
6. El modelo de accesibilidad elaborado puede ser desarrollado en otros límites político-administrativos de similares características, con la finalidad de evaluar la correcta distribución territorial de servicios de primera necesidad.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Agua. (2011). Codificación y clasificación de cursos de agua superficiales del Perú. Obtenido de <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/596/ANA0000382.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., & Weston, L. (2000). Urban accessibility index: literature review. *Research Report number 7-4938-1*, 92.
- Chasco, C. (2001). *Análisis Exploratorio de Datos Espaciales al servicio del Geomarketing*. Instituto LR Klein, Universidad Autónoma de Madrid. III Seminario sobre Nuevas Tecnologías en la Investigación, el Marketing y la Comunicación. e-Participación.
- Clark, A. (1990). *The Penguin dictionary of geography (Reference)*. Harmondsworth: Penguin.
- D.S. No 017-2007-MTC. (2007). *Reglamento de Jerarquización Vial*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/10027-017-2007-mtc>
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Muanual de carreteras: Diseño geométrico*.
- ESRI. (1995 - 2022). *ArcGIS Pro2.8*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/help/main/welcome-to-the-arcgis-pro-app-help.htm>
- Estrada, L., & Moreno, S. (2013). *Análisis Espacial de la Pobreza Multidimensional en Colombia a Partir del Censo de Población de 2005*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

- Garrocho, C., & Campos, J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm 22. *El Colegio Mexiquense, A.C.*
- Goodall, B. (1987). *The Penguin dictionary of human geography*. Harmondsworth: Penguin.
- Handy, S., & Niemeier, D. (1997). Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 29, 1175-1194.
- Hidalgo, G. (2019). Uso del Índice de Moran y LISA para explicar el ausentismo electoral rural en Ecuador. *Revista Geográfica*, 91-108.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Principales Resultados de la Encuesta Nacional a Instituciones Educativas de Nivel Inicial. Primaria y Secundaria 2016*. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Actualización Cartográfica Permanente. Manual de Actualización Cartográfica*.
- Isard, W. (1956). *Location and Space-Economy. A General Theory relating to Industrial location, market areas, land use, trade, and urban structure*.
- Knox, P. (1978). Measures of accessibility as social indicators: A Note. *Social Indicators Research*, 7, 367-377.
- Maffini, G. (1987). Raster versus vector data encoding and handling: a commentary. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 53(10), 1397-1398.
- Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social. (2019). *¿Dónde invertir para incluir? Seguimiento de las brechas de acceso a servicios básicos*. Obtenido de <https://sdv.midis.gob.pe/RedInforma/Upload/publicacion/Boletin%20de%20Brechas%20Servicios%20Basicos.pdf>

- Ministerio de Educación. Unidad Estadística Educativa. (2008). *Especificaciones de la estructura de la base de datos de instituciones educativas 2007*. Lima.
- Ministerio de Salud. (2011). *NTS N°021- MINSA / DGSP - V.0.3. Norma Técnica de Salud. "Categorías de establecimientos del Sector Salud"*. Lima.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *La atención primaria de salud. Más necesaria que nunca*.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2018). *Metodología de Accesibilidad para el análisis de las acciones de demarcación y organización territorial*.
- Provias Nacional. (2020). *Memoria Anual 2019*. Obtenido de <https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/pvn-memoria-anual-2019.pdf>
- Ramírez, L. (2006). La accesibilidad y la movilidad espacial. Posible tratamiento mediante Sistemas de Información Geográfica. *Cuadernos de Ideas N°2. Migración interna, movilidad espacial y reconfiguraciones territoriales. Serie Sociedad N°2*.
- Simpkins, J. (1989). The box plot: A simple visual method to interpret data. *ResearchGate*.
- Thill, J.-C. (2000). Geographic information systems for transportation in perspective. *Transportation Research Part C: Emergin Technologies*, 8, 3 - 12.
- Thomopoulos, N., S., G.-M., & M.R., T. (2009). Incorporating equity considerations in transport infrastructure evaluation: Current practice and a proposed methodology. *Evaluation and Program Planing* 32, 351-359.
- Winter, S., & Frank, A. U. (2000). Topology in raster and vectore representation. *GeoInformatica*, 4(1), 35-65.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Instituciones Educativas (ESCALE)

Anexo 1.1: Variables de las instituciones educativas del área de estudio

CODOOH	DRE_UGEL	CODGEO	CODLOCAL	COD_MOD	ANEXO	CEN_EDU_L	FTE_LOC	X_LONGITUD
20019	SIHUAS	21901	38791	1747914	0	84196	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5859
20019	SIHUAS	21901	38791	391789	0	84196	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5859
20019	SIHUAS	21901	38852	391672	0	84169 MARIA PARADO DE BELLIDO	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5529
20019	SIHUAS	21901	3870415	3870415	0	FLOR DE TUNA	UBICACION_WEB	-77.55288
20019	SIHUAS	21906	39328	392670	0	203	UBICACION_WEB	-77.4881
20019	SIHUAS	21906	39333	392688	0	205	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5658
20019	SIHUAS	21906	39347	537779	0	239	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.4523
20019	SIHUAS	21906	39352	684761	0	267	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.562
20019	SIHUAS	21906	39366	729616	0	268	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5548
20019	SIHUAS	21906	39371	1100122	0	270	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.6143
20019	SIHUAS	21906	39390	1100247	0	274	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.556
20019	SIHUAS	21906	39408	1100288	0	302	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5286
20019	SIHUAS	21906	39413	1100361	0	304	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.6374
20019	SIHUAS	21906	39427	392522	0	84037	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5501
20019	SIHUAS	21906	39432	392993	0	84180 GASTON VIDAL PORTURAS	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5663
20019	SIHUAS	21906	39446	393108	0	84232	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5749
20019	SIHUAS	21906	39451	393090	0	84238	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.6141
20019	SIHUAS	21906	39465	393074	0	84243 SANTISIMA INMACULADA CONCEPCION	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5285
20019	SIHUAS	21906	39470	393082	0	84244	MED_GPS	-77.48937832
20019	SIHUAS	21906	39489	1519156	0	84257 PATRON SAN MIGUEL ARCANGEL	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.45351282
20019	SIHUAS	21906	39489	393116	0	84257 PATRON SAN MIGUEL ARCANGEL	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.45351282
20019	SIHUAS	21906	39494	643114	0	84309	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5538
20019	SIHUAS	21906	39516	684837	0	84313	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5556
20019	SIHUAS	21906	39521	632265	0	SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.4838
20019	SIHUAS	21906	39535	1100445	0	84181 JOSE MARIA ARGUEDAS	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.557763
20019	SIHUAS	21906	39535	393009	0	84181 JOSE MARIA ARGUEDAS	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.557763
20019	SIHUAS	21906	39540	393017	0	84205 SAN FRANCISCO DE ASIS	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5618
20019	SIHUAS	21906	39559	393066	0	85004 NUESTRO SEÑOR DE LAS ANIMAS	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.4839
20019	SIHUAS	21906	39564	529719	0	84310	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.6383
20019	SIHUAS	21906	39578	575282	0	SAN PEDRO	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5689
20019	SIHUAS	21906	751208	751208	0	LAS FLORES	UBICACION_WEB	-77.54984
20019	SIHUAS	21906	751221	751221	0	PEPITA DE EUCALIPTO	UBICACION_WEB	-77.55791
20019	SIHUAS	21906	3906678	3906678	0	RAYITOS DE LUZ	UBICACION_WEB	-77.57571548
20019	SIHUAS	21906	536619	522987	0	CETPRO - HUAYLLABAMBA	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5648
20019	SIHUAS	21906	536742	684670	0	266	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.5763
20019	SIHUAS	21906	536780	1100320	0	303	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.4867
20019	SIHUAS	21906	536803	1100486	0	84205 SAN FRANCISCO DE ASIS	GPS_OTRAS_FUENTES	-77.562

Anexo 1.1: Variables de las instituciones educativas del área de estudio (Continuación)

Y_LATITUD	CEN_EDU	NIV_MOD	GES_DEP	DIR_CEN	CODCP_MED	FUENTE_G	NIVEL
-8.5805	84196	A2	A1	MARAYBAMBA ABAJO	550009	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.5805	84196	B0	A1	MARAYBAMBA ABAJO	550009	MED-GPS	Primaria
-8.5821	84169 MARIA PARADO DE BELLIDO	B0	A1	JIRON PRIMAVERA S/N	240359	MED-GPS	Primaria
-8.58206	FLOR DE TUNA	A5	A1	UCHUGAGA	240359	MED-GPS	Inicial - Programa no escolarizado
-8.53083	203	A2	A1	SANTA CLARA	124058	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.5359	205	A2	A1	HUAYLLABAMBA	122793	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.5101	239	A2	A1	PACHAVILCA	133054	OSEE	Inicial - Jardín
-8.5729	267	A2	A1	GASAJPAMPA S/N	234776	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.5179	268	A2	A1	TUPAC AMARU	517582	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.4281	270	A2	A1	SACSAY	120714	PROVIAS	Inicial - Jardín
-8.554	274	A2	A1	SAN JOSE S/N	221185	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.5356	302	A2	A1	AHIJADERO	114747	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.4183	304	A2	A1	LLAMA	523889	CENSO_CIE	Inicial - Jardín
-8.5505	84037	B0	A1	PAROBAMBA CHICO S/N	133283	MED-GPS	Primaria
-8.5364	84180 GASTON VIDAL PORTURAS	B0	A1	AVENIDA HUAYLLABAMBA	122793	MED-GPS	Primaria
-8.5113	84232	B0	A1	CHULLIN	213201	MED-GPS	Primaria
-8.4275	84238	B0	A1	SACSAY	120714	PROVIAS	Primaria
-8.5352	84243 SANTISIMA INMACULADA CONCEPCION	B0	A1	AHIJADERO	114747	MED-GPS	Primaria
-8.547510327	84244	B0	A1	COLCABAMBA	519615	MED-GPS	Primaria
-8.51131391	84257 PATRON SAN MIGUEL ARCANGEL	F0	A1	PACHAVILCA S/N	133054	OSEE	Secundaria
-8.51131391	84257 PATRON SAN MIGUEL ARCANGEL	B0	A1	PACHAVILCA S/N	133054	OSEE	Primaria
-8.5714	84309	B0	A1	CARRETERA PIRPO S/N	116874	MED-GPS	Primaria
-8.5178	84313	B0	A1	TUPAC AMARU S/N	517582	MED-GPS	Primaria
-8.5319	SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	F0	A1	SANTA CLARA	124058	MED-GPS	Secundaria
-8.554145	84181 JOSE MARIA ARGUEDAS	F0	A1	SAN JOSE	221185	MED-GPS	Secundaria
-8.554145	84181 JOSE MARIA ARGUEDAS	B0	A1	SAN JOSE	221185	MED-GPS	Primaria
-8.5724	84205 SAN FRANCISCO DE ASIS	B0	A1	GASAJPAMPA	234776	MED-GPS	Primaria
-8.5314	85004 NUESTRO SEÑOR DE LAS ANIMAS	B0	A1	SANTA CLARA S/N	124058	MED-GPS	Primaria
-8.4178	84310	B0	A1	LLAMA	523889	CENSO_CIE	Primaria
-8.5324	SAN PEDRO	F0	A1	JIRON BOLOGNESI S/N	122793	MED-GPS	Secundaria
-8.55122	LAS FLORES	A5	A1	PAROBAMBA CHICO	133283	MED-GPS	Inicial - Programa no escolarizado
-8.55405	PEPITA DE EUCALIPTO	A5	A1	SAN JOSE	221185	MED-GPS	Inicial - Programa no escolarizado
-8.524196584	RAYITOS DE LUZ	A5	A1	LA FLORIDA	115095	MED-GPS	Inicial - Programa no escolarizado
-8.5361	CETPRO - HUAYLLABAMBA	L0	A1	JIRON JOSE CARLOS MARIATEGUI S/N	122793	MED-GPS	Técnico Productiva
-8.5103	266	A2	A1	CHULLIN S/N	213201	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.5485	303	A2	A1	COLCABAMBA	519615	MED-GPS	Inicial - Jardín
-8.5734	84205 SAN FRANCISCO DE ASIS	F0	A1	GASAJPAMPA	234776	MED-GPS	Secundaria

ANEXO 2: Establecimientos de Salud (RENIPRESS – SUSALUD)

Anexo 2.1: Variables de los establecimientos de salud del área de estudio

Institución	Código Único	Nombre del establecimiento	Clasificación	Tipo	Departamento	Provincia	Distrito	UBIGEO	Dirección	Código DISA	Código Red	Código Microrred
GOBIERNO REGIONAL	00001804	PUESTO DE SALUD PIRPO	PUESTOS DE SALUD O POSTAS DE SALUD	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	ANCASH	SIHUAS	HUAYLLABAMBA	021906	OTROS CENTRO POBLADO PIRPO S/N NÚMERO S/N DISTRITO HUAYLLABAMBA PROVINCIA SIHUAS DEPARTAMENTO ANCASH	2	06	04
GOBIERNO REGIONAL	00001802	CENTRO DE SALUD HUAYLLABAMBA	CENTROS DE SALUD O CENTROS MEDICOS	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	ANCASH	SIHUAS	HUAYLLABAMBA	021906	AVENIDA AV. JOSE CARLOS MAREATEGUI S/N - HUAYLLABAMBA S/N AV. JOSE CARLOS MAREATEGUI S/N - HUAYLLABAMBA HUAYLLABAMBA SIHUAS ANCASH	2	06	04
GOBIERNO REGIONAL	00009745	PUESTO DE SALUD SANTA CLARA	PUESTOS DE SALUD O POSTAS DE SALUD	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	ANCASH	SIHUAS	HUAYLLABAMBA	021906	AV/BUENOS AIRES S/N	2	06	04
GOBIERNO REGIONAL	00001803	PUESTO DE SALUD SANTA CLARA	PUESTOS DE SALUD O POSTAS DE SALUD	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	ANCASH	SIHUAS	HUAYLLABAMBA	021906	OTROS AV/BUENOS AIRES S/N - SANTA CLARA NÚMERO S/N DISTRITO HUAYLLABAMBA PROVINCIA SIHUAS DEPARTAMENTO ANCASH	2	06	04

Anexo 2.1: Variables de los establecimientos de salud del área de estudio (Continuación)

DISA	Red	Microrred	Código UE	Unidad Ejecutora	Categoría	Teléfono	Horario	Inicio de Actividad	Director Médico y/o Responsable de la Atención de Salud	Estado	NORTE	ESTE	COTA	CAMAS	RUC
ANCASH	CONCHUCOS NORTE	SIHUAS	745	REGION ANCASH-SALUD POMABAMBA	I-1	943028104	08:00 - 14:00	01/01/1997	DELSI DINA SILVA ASENCIOS	ACTIVO	-8.57182667	-77.553595	3223.8	1	20156003817
ANCASH	CONCHUCOS NORTE	SIHUAS	745	REGION ANCASH-SALUD POMABAMBA	I-3	966130580	08:00 - 17:00	14/09/2000	JESUS DAMIAN VELASQUEZ	ACTIVO	-8.53598877	-77.56566463	3328	2	20156003817
ANCASH	CONCHUCOS NORTE	SIHUAS	0		I-2	043-761826	8:00-18:00 HORAS	29/05/1986	DAVID KENJI BALZEREWITZ JIGA	BAJA DEFINITIVA					20156003817
ANCASH	CONCHUCOS NORTE	SIHUAS	745	REGION ANCASH-SALUD POMABAMBA	I-2	959808762	08:00 - 14:00	26/07/2000	YESY DORA ESPINOZA TRUJILLO	ACTIVO	-8.53203	-77.48433667	3395.2	0	20156003817

ANEXO 3: Códigos empleados en el modelo, generación de mapas e índices espaciales

Anexo 3.1: Código para la generación de costos unitarios de la superficie hídrica

```
import arcpy, sys, os, time
start_time = time.time()
arcpy.env.overwriteOutput = True
arcpy.env.workspace = r'D:\TESIS\TESIS\BASE DE DATOS\DATOS.gdb'
hidro = "HIDROGRAFIA"
fieldName = 'CU'
expression = "TIPO_HIDRO(!CLASIFICAC!)"
codeblock = """def TIPO_HIDRO(clasificacion):
    if clasificacion == "1":
        return 0.06
    elif clasificacion == "2":
        return 0.03
    elif clasificacion == "3":
        return 0.03"""
arcpy.AddField_management(hidro, fieldName, "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(hidro,fieldName,expression,"PYTHON_9.3",
codeblock)
seconds = "%s"% (time.time() - start_time)
print("--- " + seconds + " seconds ---")
minu = float(seconds)/60
print("--- " + str(minu) + " minutes ---")
```

Anexo 3.2: Código para la generación de costos unitarios de la superficie vial

```
import arcpy, sys, os, time
start_time = time.time()
arcpy.env.overwriteOutput = True
arcpy.env.workspace = r'D:\TESIS\TESIS\BASE DE DATOS\DATOS.gdb'
vias = "VIAS_OK_TOPOLOGIA"#'VIAS_1_2N' #CAMBIAR 'ejes_viales'
```

```

dem = "SLOPE_3D" #CAMBIAR
fieldName = 'CU'
expression = "TIPO_VIA(!SUPERFIC_L!)"
codeblock = """def TIPO_VIA(superficie):
    if superficie == "Asfaltado":
        return 0.001
    elif superficie == "Asfaltado económico":
        return 0.0015
    elif superficie == "Afirmado":
        return 0.002
    elif superficie == "Sin afirmar":
        return 0.003
    else:
        return 0.004"""
arcpy.AddField_management(vias, fieldName, "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(vias,fieldName,expression,"PYTHON_9.3", codeblock)
dem_recortado = 'vias_dem'
vias_dem = arcpy.sa.ExtractByMask(dem, vias)
vias_dem.save(dem_recortado)
dem_recortado_int = 'vias_dem_int'
vias_dem_int = arcpy.sa.Int(dem_recortado)
vias_dem_int.save(dem_recortado_int)
dem_poly = 'dem_poly'
arcpy.RasterToPolygon_conversion(dem_recortado_int,
dem_poly,simplify="NO_SIMPLIFY")
intersecado = 'intersecado'
arcpy.Intersect_analysis([vias, dem_poly], intersecado)
single_inter = 'intersecado_single'
arcpy.MultipartToSinglepart_management(intersecado, single_inter)
fieldName = 'IMP'
expression = "TIPO_VIA(!gridcode!)"
codeblock = """def TIPO_VIA(pendiente):
    if pendiente < 10:

```

```

    return 1
elif pendiente >= 10 and pendiente < 20:
    return float(100)/90
elif pendiente >= 20 and pendiente < 30:
    return float(100)/80
else:
    return float(100)/70"""
arcpy.AddField_management(single_inter, fieldName, "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(single_inter, fieldName, expression, "PYTHON_9.3",
codeblock)
fieldName = 'CU_F'
arcpy.AddField_management(single_inter, fieldName, "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(single_inter,fieldName,"!CU!*!IMP!", "PYTHON_9.3)
fieldName = 'TIEMPO'
arcpy.AddField_management(single_inter, fieldName, "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(single_inter,fieldName,"!CU_F!*!Shape.Length!*1113
20", "PYTHON_9.3")
fieldName = 'ONEWAY'
arcpy.AddField_management(single_inter, fieldName, "TEXT", field_length = 2)
arcpy.CalculateField_management(single_inter, fieldName, "BI", "PYTHON_9.3")
seconds = "%s"% (time.time() - start_time)
print("--- " + seconds + " seconds ---")
minu = float(seconds)/60
print("--- " + str(minu) + " minutes ---")

```

Anexo 3.3: Código para la generación de rásters de costo acumulado de tiempo

```

from qgis.core import *
vlayer = iface.addVectorLayer("D:\TESIS\TESIS\BASE DE DATOS\CCPP_HUAYLLA
BAMBA_3395.shp","CCPP_HUAYLLABAMBA_3395","ogr")
for i in range(len(vlayer)):
    vlayer.selectByExpression("{}OBJECTID={}".format(i+1),
                               QgsVectorLayer.SetSelection)

```

```

processing.run("grass7:r.cost",
    {'input':'D:/trabajo/2021/mayo/06MAYO/SUPERFICIE_FRICCION.tif',
    'start_coordinates':None,
    'stop_coordinates':None,
    '-k':False,
    '-n':True,
    'start_points':QgsProcessingFeatureSourceDefinition('D:/TESIS/TESIS/
    BASE DE DATOS/CCPP_HUAYLLABAMBA_3395.shp',
    selectedFeaturesOnly=True,
    featureLimit=-1,
    geometryCheck=QgsFeatureRequest.GeometryAbortOnInvalid),
    'stop_points':None,
    'start_raster':None,
    'max_cost':0,
    'null_cost':None,
    'memory':300,
    'output':'D:/TESIS/TESIS/BASE DE DATOS/SALIDA MAPAS/ACUM
    _{}.tif'.format(i+1),
    'nearest':'D:/TESIS/TESIS/BASE DE DATOS/SALIDA MAPAS/DIST
    _{}.tif'.format(i+1),
    'outdir':'D:/TESIS/TESIS/BASE DE DATOS/SALIDA MAPAS/MOV
    _{}.tif'.format(i+1),
    'GRASS_REGION_PARAMETER':None,
    'GRASS_REGION_CELL_SIZE_PARAMETER':0,
    'GRASS_RASTER_FORMAT_OPT':"",
    'GRASS_RASTER_FORMAT_META':"",
    'GRASS_SNAP_TOLERANCE_PARAMETER':-1,
    'GRASS_MIN_AREA_PARAMETER':0.0001})
processing.run("qgis:rastercalculator",
    {'EXPRESSION':"ACUM_{}@1" * 12.5'.format(i+1),
    'LAYERS':['D:/TESIS/TESIS/BASE DE DATOS/SALIDA
    MAPAS/ACUM_{}.tif'.format(i+1)],
    'CELLSIZE':0,

```

```

        'EXTENT':None,
        'CRS':None,
        'OUTPUT':'D:/TESIS/TESIS/BASE DE DATOS/SALIDA
MAPAS/TIEMPO ACUMULADO/ACUM_{}_OK.tif'.format(i+1))

```

Anexo 3.4: Código para la generación de mapas temáticos de tiempo acumulado en minutos de los centros poblados

```

import arcpy, sys, os, time
start_time = time.time()
arcpy.env.overwriteOutput = True
arcpy.env.workspace = r'D:\TESIS\TESIS\BASE DE DATOS\DATOS.gdb'
mxd= arcpy.mapping.MapDocument(r'D:\TESIS\TESIS\MAPA_ACUMULADO.mxd')
input_rasters = r'D:\TESIS\TESIS\BASE DE DATOS\SALIDA MAPAS\TIEMPO
ACUMULADO'
out_mxd = r'D:\TESIS\TESIS\mxd'
out_pdf = r'D:\TESIS\TESIS\pdf'
out_png = r'D:\TESIS\TESIS\png'
dfp= arcpy.mapping.ListDataFrames(mxd,"Layers")[0]
lyr= arcpy.mapping.ListLayers(mxd,"CENTRO POBLADO DE INICIO",dfp)[0]
lyr_tif = arcpy.mapping.ListLayers(mxd,"TIEMPO ACUMULADO
RECLASIFICADO",dfp)[0]
ElementoTexto = arcpy.mapping.ListLayoutElements(mxd, "TEXT_ELEMENT",
"TITULO")[0]
objectid_list = [int(x[0]) for x in arcpy.da.SearchCursor(lyr,["OBJECTID"])]
for i in objectid_list:
    ruta_raster = os.path.join(input_rasters,"ACUM_{}_OK.tif".format(i))
    arcpy.gp.Reclassify_sa(ruta_raster, "Value", "500 629719168 500",
"RECLASIFICADO_{}".format(i), "DATA")
    lyr_tif.replaceDataSource(r'D:\TESIS\TESIS\BASE DE
DATOS\DATOS.gdb',"FILEGDB_WORKSPACE",'RECLASIFICADO_{}'.format(i))
    lyr_tif.save
    def_query= "\"OBJECTID\"={}".format(i)

```

```

lyr.definitionQuery = def_query
ccpp = [x[0].encode('utf-8') for x in arcpy.da.SearchCursor(lyr,["NOMBCCPP"])]
ElementoTexto.text = "MAPA DE TIEMPO ACUMULADO EN MINUTOS\nDEL
CENTRO POBLADO " + ccpp[0]
mxd.saveACopy(os.path.join(out_mxd,"MAPA_ACUMULADO_{ }.mxd".format(i)))
arcpy.mapping.ExportToPDF(mxd,
os.path.join(out_pdf,"MAPA_ACUMULADO_{ }.pdf".format(i)))
arcpy.mapping.ExportToPNG(mxd,
os.path.join(out_png,"MAPA_ACUMULADO_{ }.png".format(i)), resolution = 600)
seconds = "%s"% (time.time() - start_time)
print("--- " + seconds + " seconds ---")
minu = float(seconds)/60
print("--- " + str(minu) + " minutes ---")

```

Anexo 3.5: Código para obtención de tiempos mínimos de centro poblado a establecimientos de educación y salud

```

import arcpy, time, sys
start_time = time.time()
arcpy.env.overwriteOutput = True
arcpy.env.workspace = r'D:\TESIS\TESIS\BASE DE DATOS\DATOS.gdb'
fc_IE = 'IE_SIGMED_MINEDU_EXCEL'
lyr_IE = arcpy.MakeFeatureLayer_management(fc_IE,"lyr_IE").getOutput(0)
clas_IE = 'NIV_MOD'
fc_IS = 'XY_MINSA'
lyr_IS = arcpy.MakeFeatureLayer_management(fc_IS,"lyr_IS").getOutput(0)
clas_IS = 'Categoria'
fc_CCPP = 'CCPP_HUAYLLABAMBA_3395'
lyr_CCPP = arcpy.MakeFeatureLayer_management(fc_CCPP,"lyr_CCPP").getOutput(0)
OBid = "OBJECTID"
IEs = list(set([x[0].encode('utf8') for x in arcpy.da.SearchCursor(fc_IE,[clas_IE])]))
ISs = list(set([x[0].replace('-', '_').encode('utf8') for x in
arcpy.da.SearchCursor(fc_IS,[clas_IS])]))

```

```

TMIN_IE = ['TMIN_IE']
TMIN_IE.extend(['TMIN_' + s for s in IEs])
for i in TMIN_IE:
    if i not in [x.name for x in arcpy.ListFields(fc_CCPP)]:
        arcpy.AddField_management(fc_CCPP, i, "DOUBLE")
TMIN_IS = ['TMIN_IS']
TMIN_IS.extend(['TMIN_' + s for s in ISs])
for i in TMIN_IS:
    if i.replace('-', '_') not in [x.name for x in arcpy.ListFields(fc_CCPP)]:
        arcpy.AddField_management(fc_CCPP, i, "DOUBLE")
OID = list(set([x[0] for x in arcpy.da.SearchCursor(fc_CCPP,[OBid]))])
for i in OID:
    query_ccpp = "\"OBJECTID\" = {}".format(i)
    arcpy.SelectLayerByAttribute_management(lyr_CCPP, "NEW_SELECTION",
query_ccpp)
    field = "ACUM_{}_OK".format(i)
    tIS = list(set([x[0] for x in arcpy.da.SearchCursor(fc_IS,[field]))])
    tIE = list(set([x[0] for x in arcpy.da.SearchCursor(fc_IE,[field]))])
    for o,n in enumerate(TMIN_IE):
        if o == 0:
            arcpy.CalculateField_management(lyr_CCPP,n,min(tIE),"PYTHON")
        else:
            query = "\"{}\" = {}".format(clas_IE,n[-2:])
            arcpy.SelectLayerByAttribute_management(lyr_IE, "NEW_SELECTION", query)
            tIE_2 = list(set([x[0] for x in arcpy.da.SearchCursor(lyr_IE,[field]))])
            arcpy.CalculateField_management(lyr_CCPP,n,min(tIE_2),"PYTHON")
    for o,n in enumerate(TMIN_IS):
        if o == 0:
            arcpy.CalculateField_management(lyr_CCPP,n,min(tIS),"PYTHON")
        else:
            query = "\"{}\" = {}".format(clas_IS,n[-3:].replace('_', '-'))
            arcpy.SelectLayerByAttribute_management(lyr_IS, "NEW_SELECTION", query)
            tIS_2 = list(set([x[0] for x in arcpy.da.SearchCursor(lyr_IS,[field]))])

```

```
arcpy.CalculateField_management(lyr_CCPP,n,min(tIS_2),"PYTHON")
```

Anexo 3.6: Código para obtención de indicadores de autocorrelación espacial

```
library(tidyverse)
library(sf)
library(tmap)
library(spdep)
library(ggplot2)
dsn_orig <- 'D:\\TESIS\\TESIS\\BASE DE DATOS\\DATOS.gdb'
ct <- read_sf(dsn = dsn_orig, layer = 'CCPP_HUAYLLABAMBA_3395')
plot(ct)
str(ct)
head(ct)
st_crs(ct)
coords <- cbind(ct$X,ct$Y)
knn1 <- knearneigh(coords)
str(knn1)
k1 <- knn2nb(knn1)
critical.threshold <- max(unlist(nbdists(k1,coords)))
critical.threshold
nb.dist.band <- dnearneigh(coords, 0, critical.threshold)
summary(nb.dist.band)
dist.band.card <- card(nb.dist.band)
dist.band.card
ggplot() +
  geom_histogram(aes(x=dist.band.card)) +
  xlab("Number of Neighbors")
plot(nb.dist.band, coords, lwd=.2, col="blue", cex = .5)
est <- colnames(ct)[15:24]
for (i in est) {
  moran.test(as.data.frame(ct[,i])[,1], listw = nb2listw(nb.dist.band))
  moran.mc(as.data.frame(ct[,i])[,1], listw = nb2listw(nb.dist.band), nsim = 499)
```



```

moran.mc(as.data.frame(ct[,i])[,1], listw = nb2listw(nb.dist.band), nsim = 999)
if (nchar(i) == 8) {
  vi = substring(i,6,8)
} else {
  vi = substring(i,6,8)
}
moran.plot(as.data.frame(ct[,i])[,1], listw = nb2listw(nb.dist.band), xlab = sprintf("Tiempo
en minutos %s",vi),
          ylab = sprintf("Tiempo en minutos %s (Spatial Lag)",vi), main = sprintf("Moran
Scatterplot - Tiempo en minutos %s",vi))
local <- localmoran(as.data.frame(ct[,i])[,1], listw = nb2listw(nb.dist.band))
class(local)
head(local)
summary(local)
names(ct)
lisa_map <- cbind(ct, local)
class(lisa_map)
head(lisa_map)
names(lisa_map)
as.data.frame(lisa_map[,i])[,1]
lisa_map$cluster[as.data.frame(lisa_map[,i])[,1] > mean(as.data.frame(lisa_map[,i])[,1]) &
lisa_map$li > 0] <- 1 #High-High
lisa_map$cluster[as.data.frame(lisa_map[,i])[,1] < mean(as.data.frame(lisa_map[,i])[,1]) &
lisa_map$li > 0] <- 2 #Low-Low
lisa_map$cluster[as.data.frame(lisa_map[,i])[,1] < mean(as.data.frame(lisa_map[,i])[,1]) &
lisa_map$li < 0] <- 3 #Low-High
lisa_map$cluster[as.data.frame(lisa_map[,i])[,1] > mean(as.data.frame(lisa_map[,i])[,1]) &
lisa_map$li < 0] <- 4 #High-Low
lisa_map$cluster[lisa_map$Pr.z....E.Ii.. > .1] <- 0 #No significativo
table(lisa_map$cluster)
names(lisa_map)[names(lisa_map)=="Ii"] <- paste("Ii",vi,sep = "_")
names(lisa_map)[names(lisa_map)=="E.Ii"] <- paste("E.Ii",vi,sep = "_")
names(lisa_map)[names(lisa_map)=="Var.Ii"] <- paste("Var.Ii",vi,sep = "_")

```

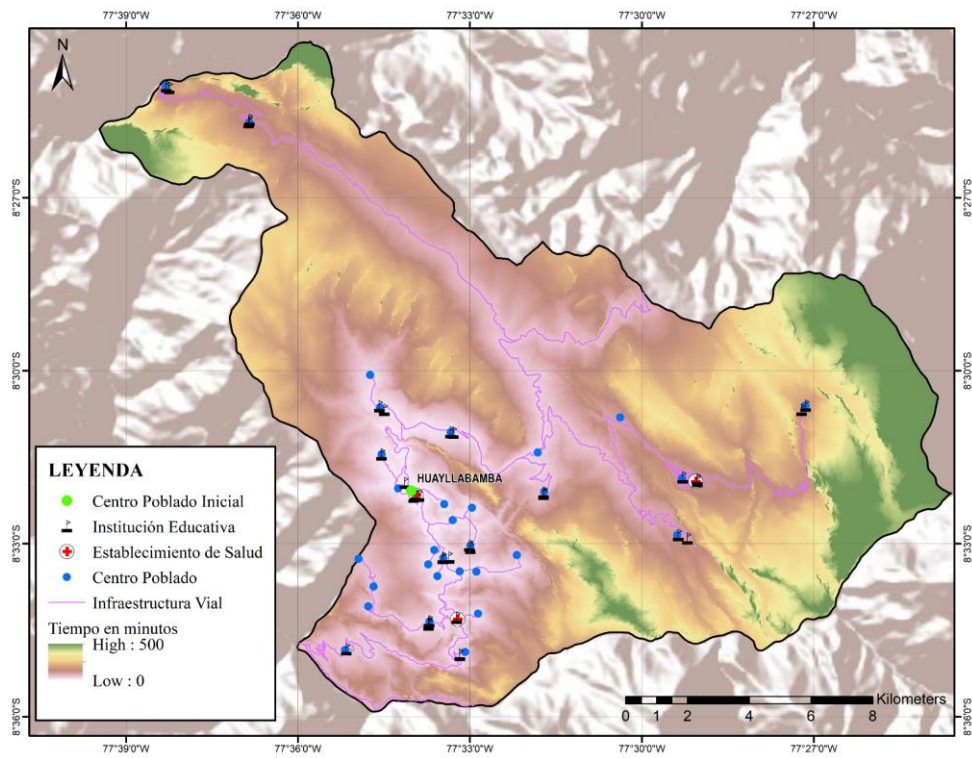
```

names(lisa_map)[names(lisa_map)=="Z.Ii"] <- paste("Z.Ii",vi,sep = "_")
lisa_map$Pr.z....E.Ii.. <- NULL
names(lisa_map)[names(lisa_map)=="cluster"] <- paste("cluster",vi,sep = "_")
ct <- lisa_map
}
st_zm(lisa_map)
st_write(st_zm(lisa_map), dsn = "D:\\TESIS\\TESIS\\BASE DE
DATOS\\ANALISIS_ESPACIAL", layer = 'CCPP_HUAYLLABAMBA_AESP2.shp',
driver="ESRI Shapefile")

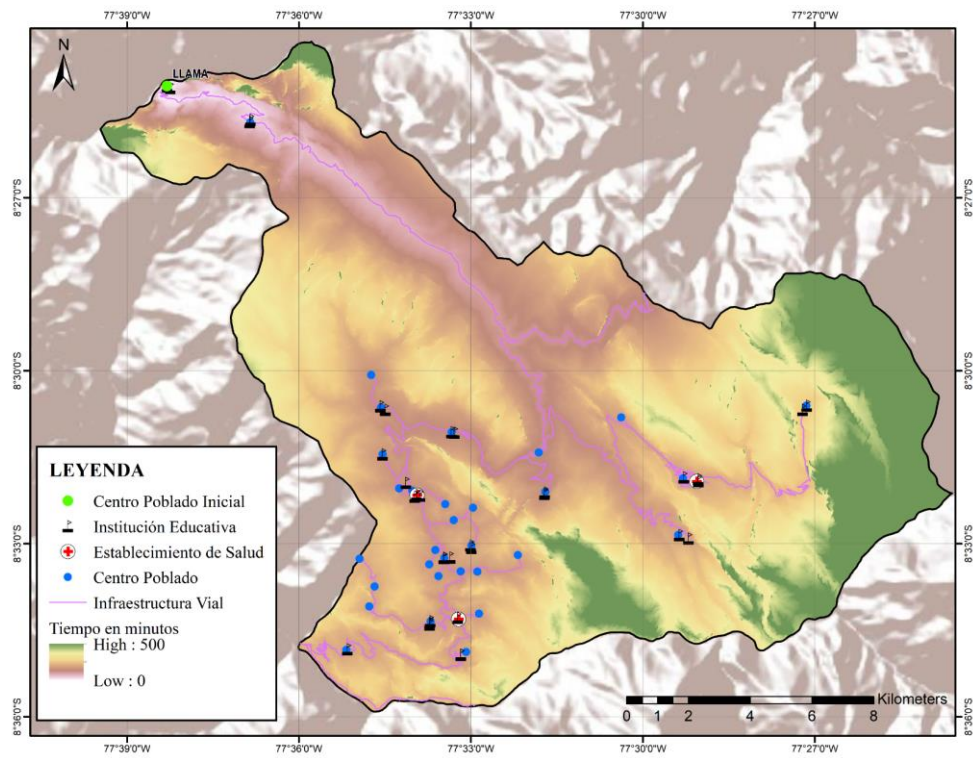
```

ANEXO 4: Mapas de tiempo de desplazamiento por centro poblado

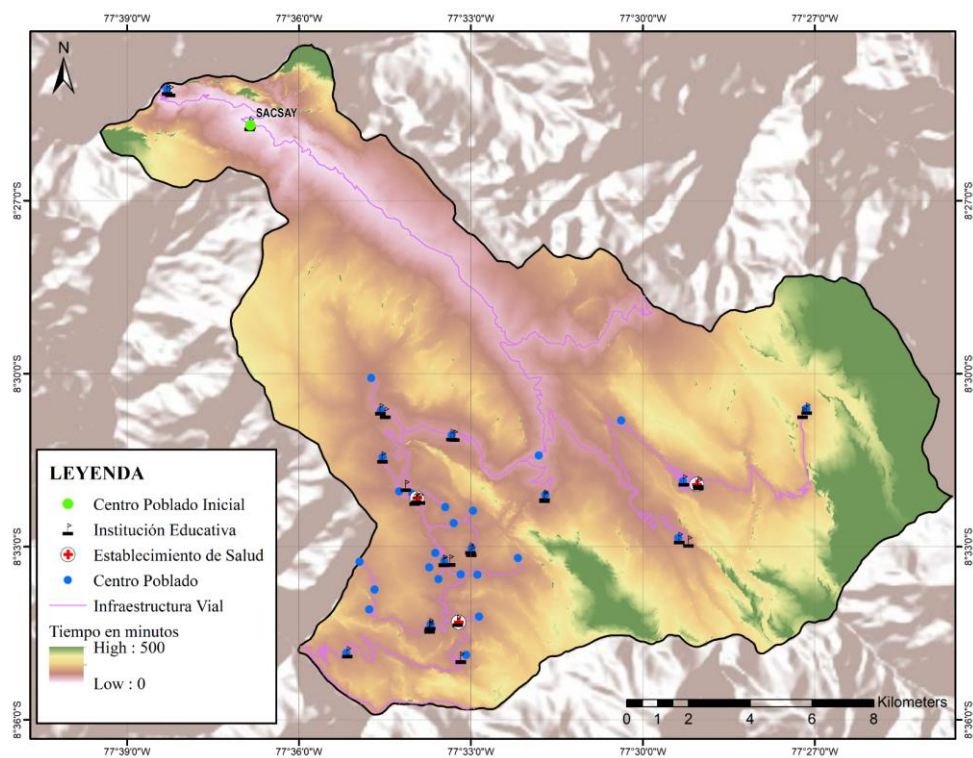
Anexo 4.1: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Huayllabamba.



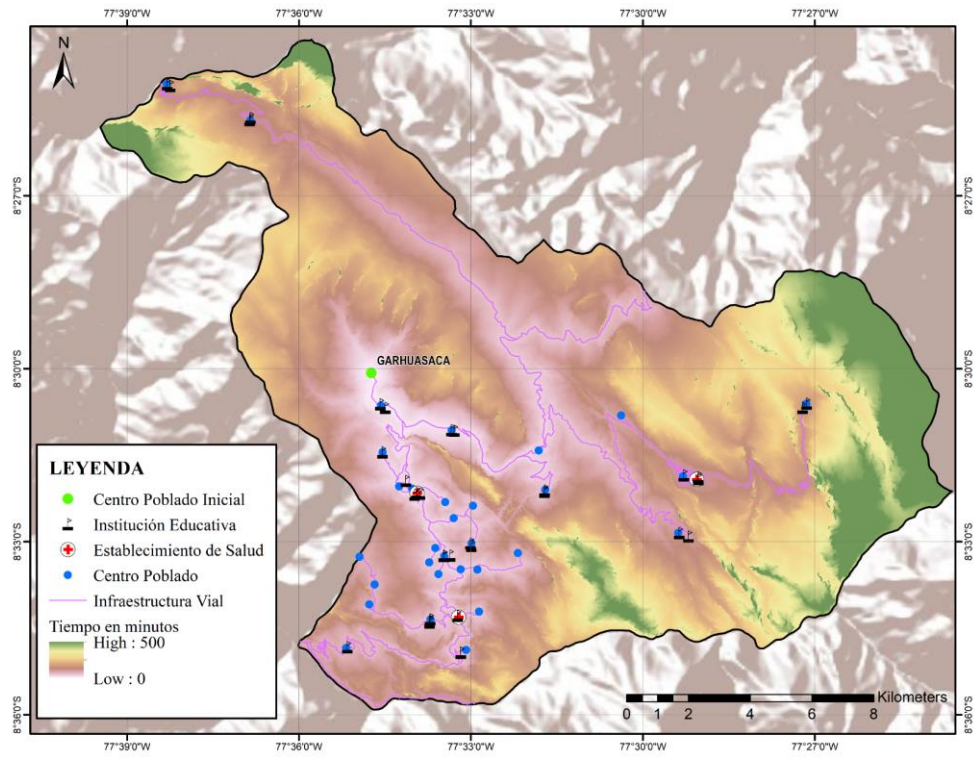
Anexo 4.2: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Llama.



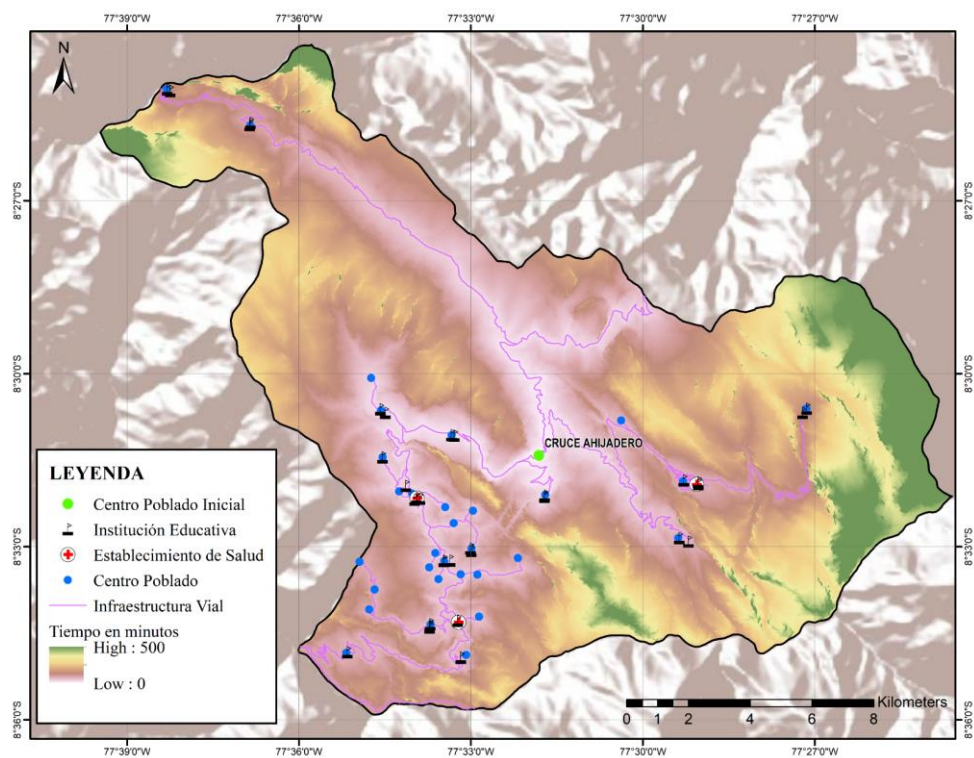
Anexo 4.3: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Sacsay.



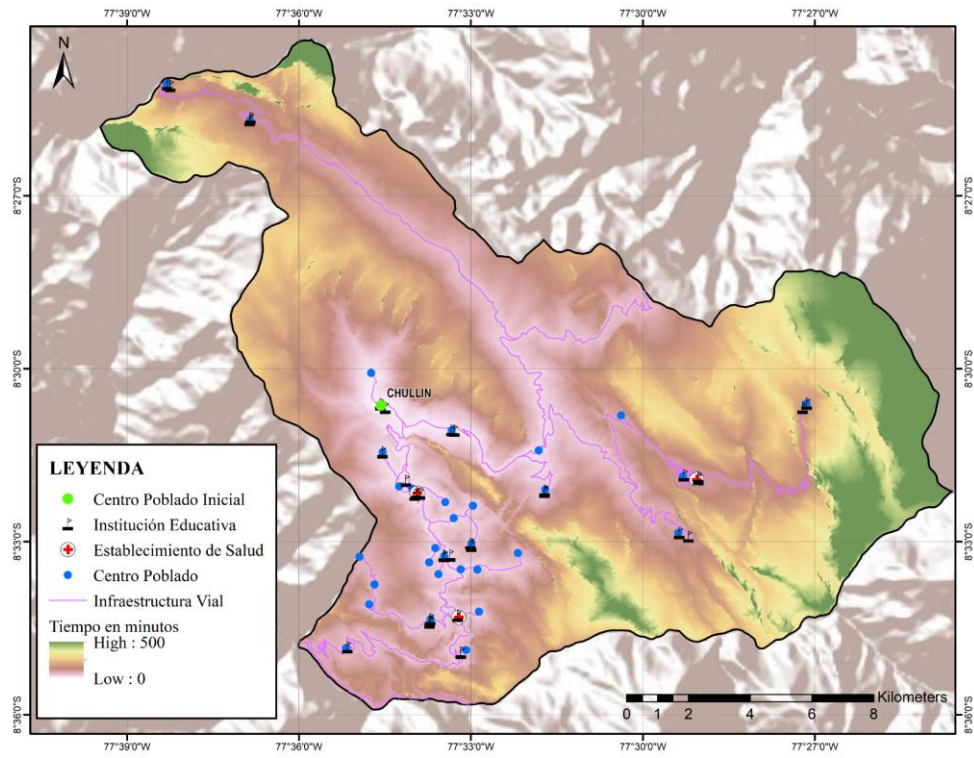
Anexo 4.4: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Garhuasaca.



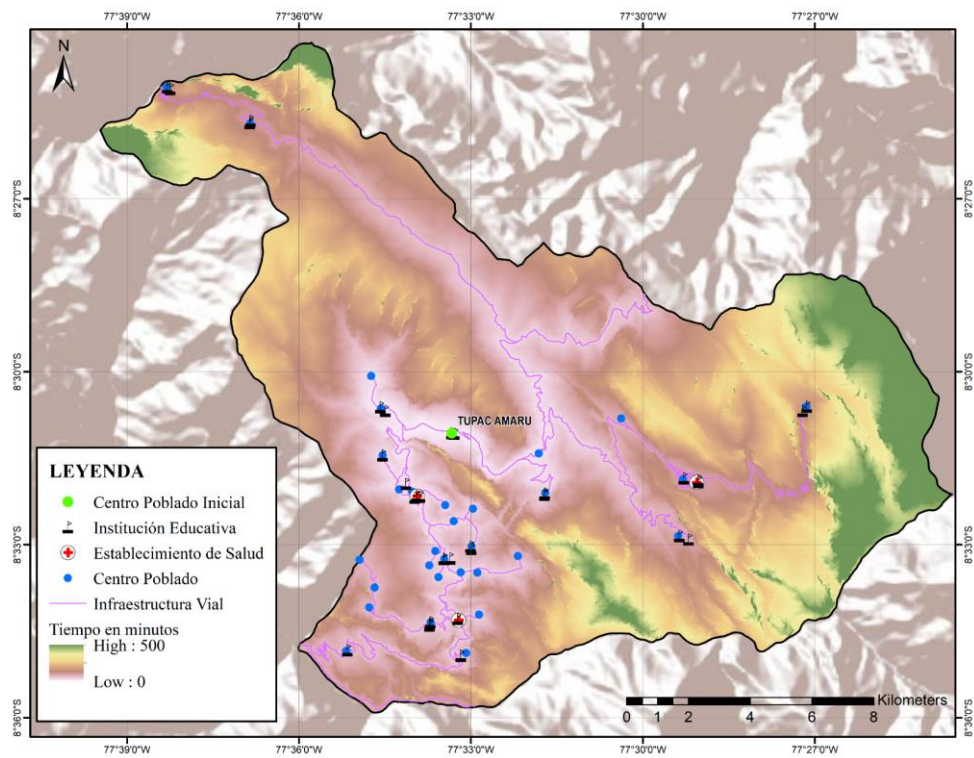
Anexo 4.5: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Cruce Ahijadero.



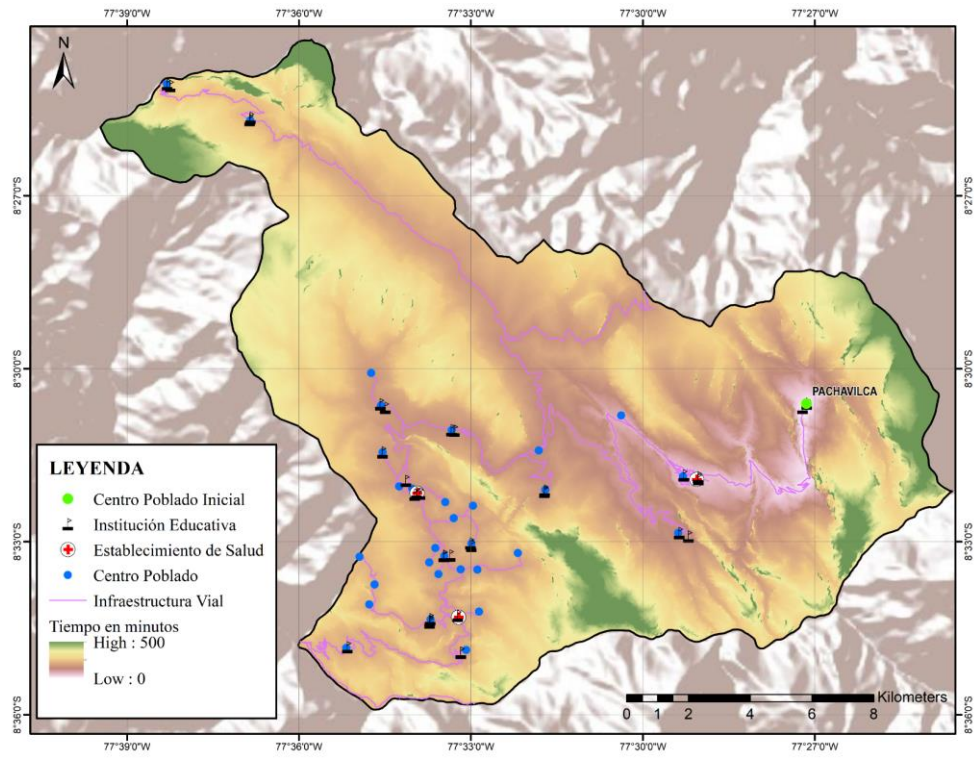
Anexo 4.6: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Chullin.



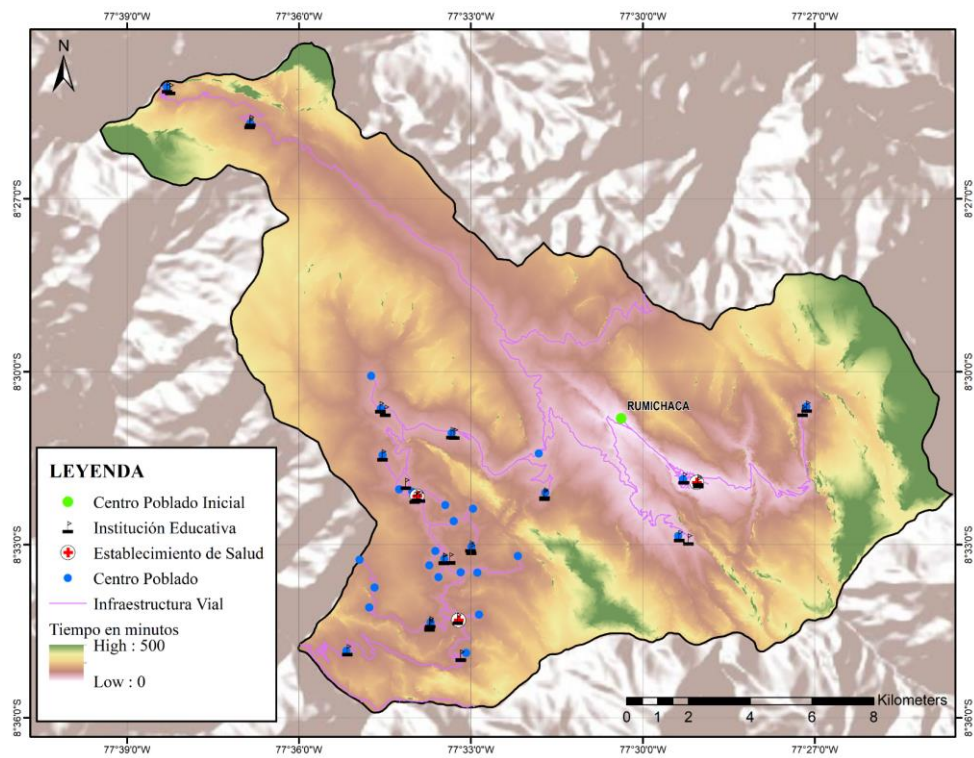
Anexo 4.7: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Tupac Amaru.



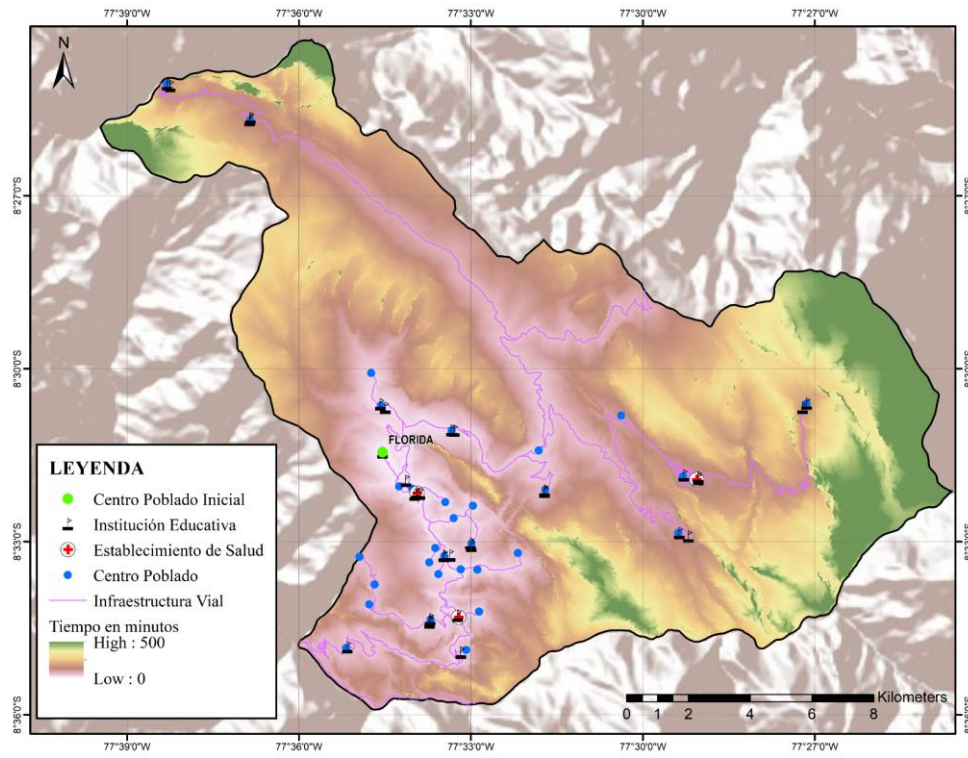
Anexo 4.8: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Pachavilca.



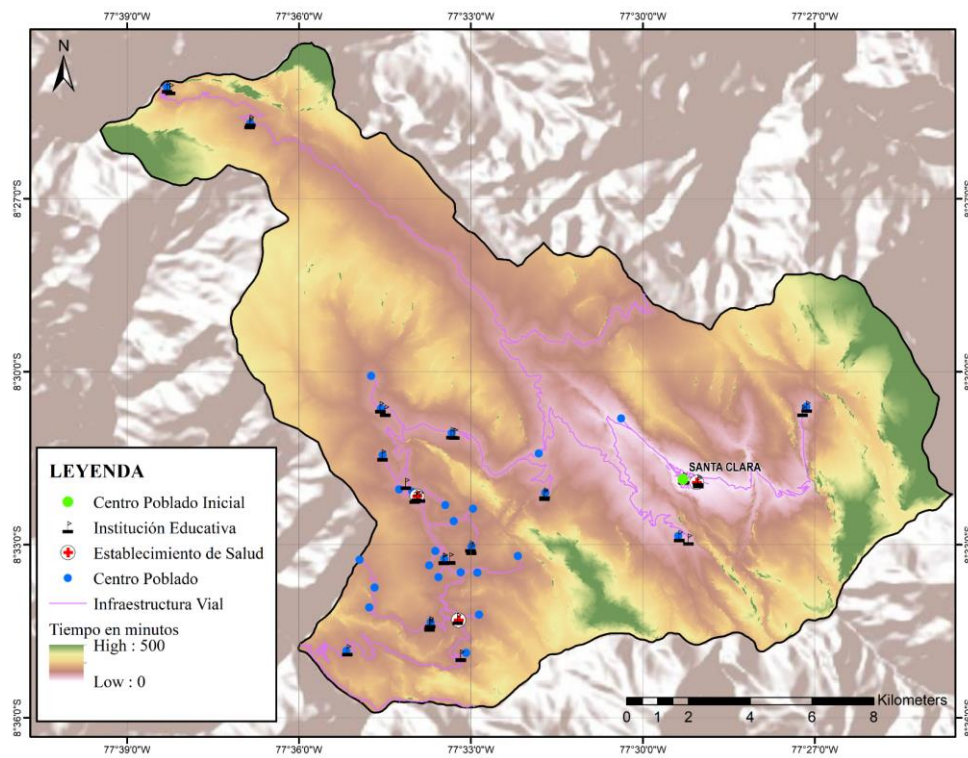
Anexo 4.9: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Rumichaca.



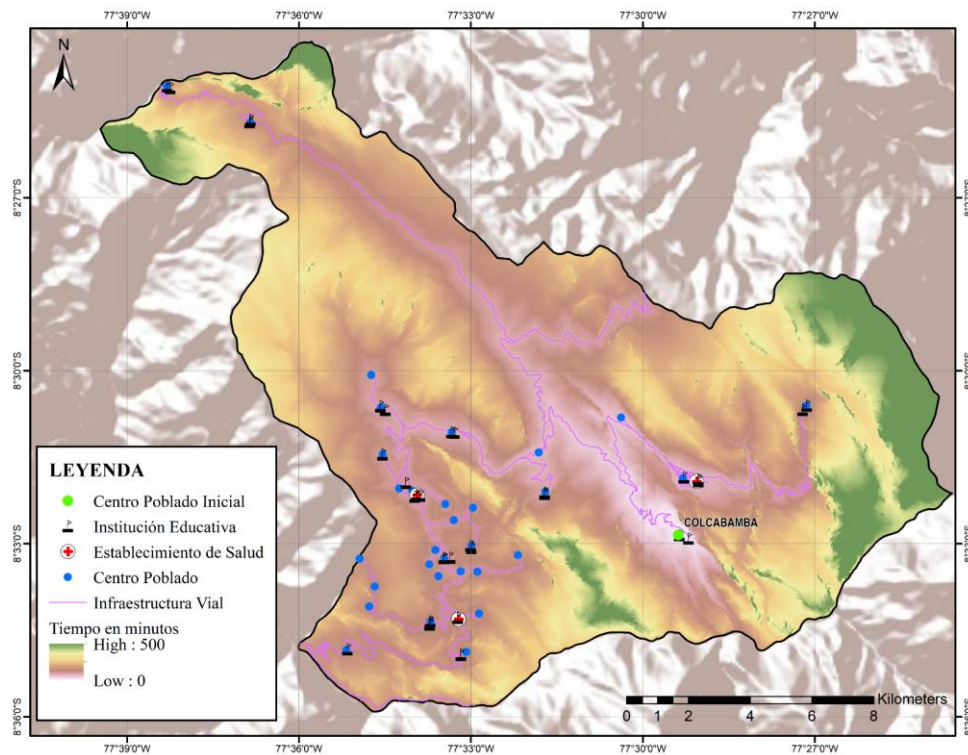
Anexo 4.10: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Florida.



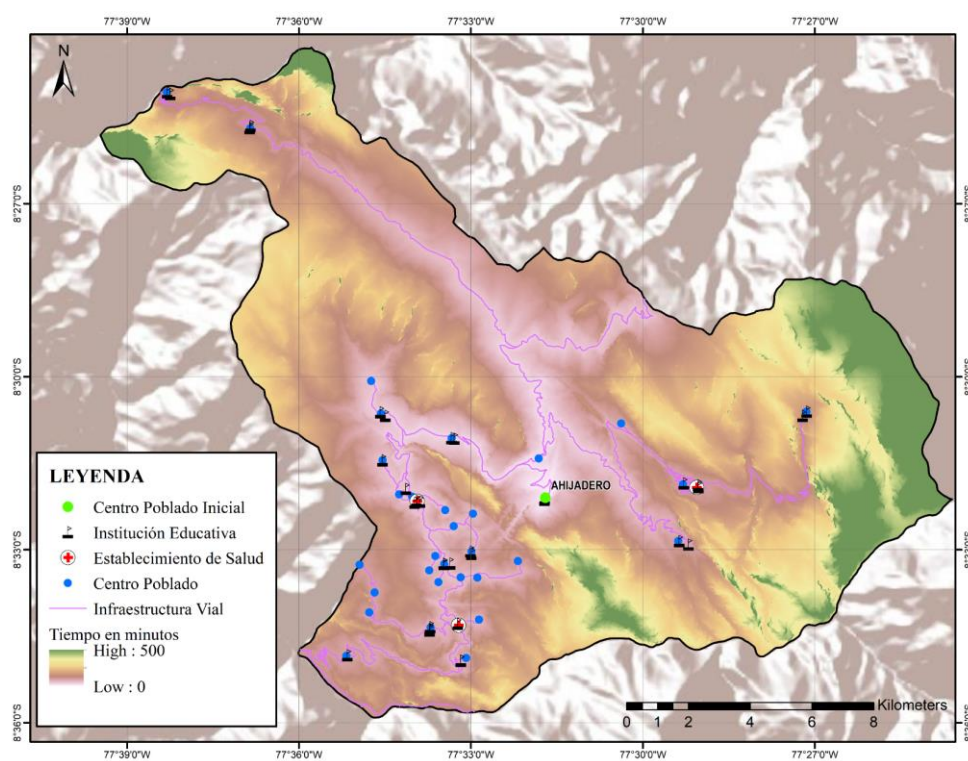
Anexo 4.11: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Santa Clara.



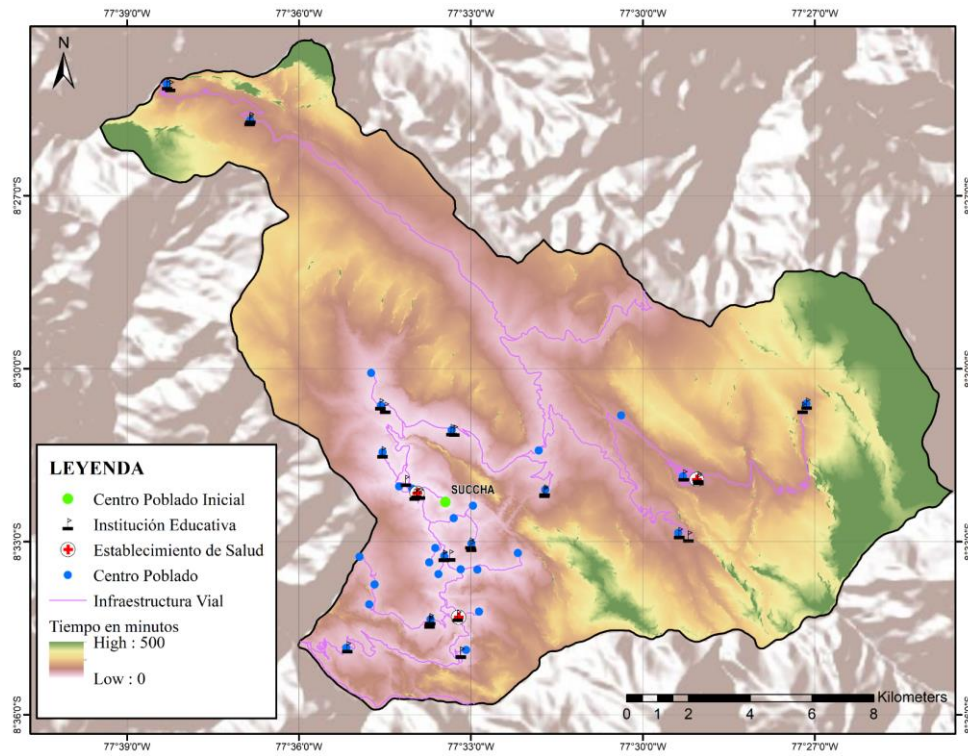
Anexo 4.12: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Colcabamba.



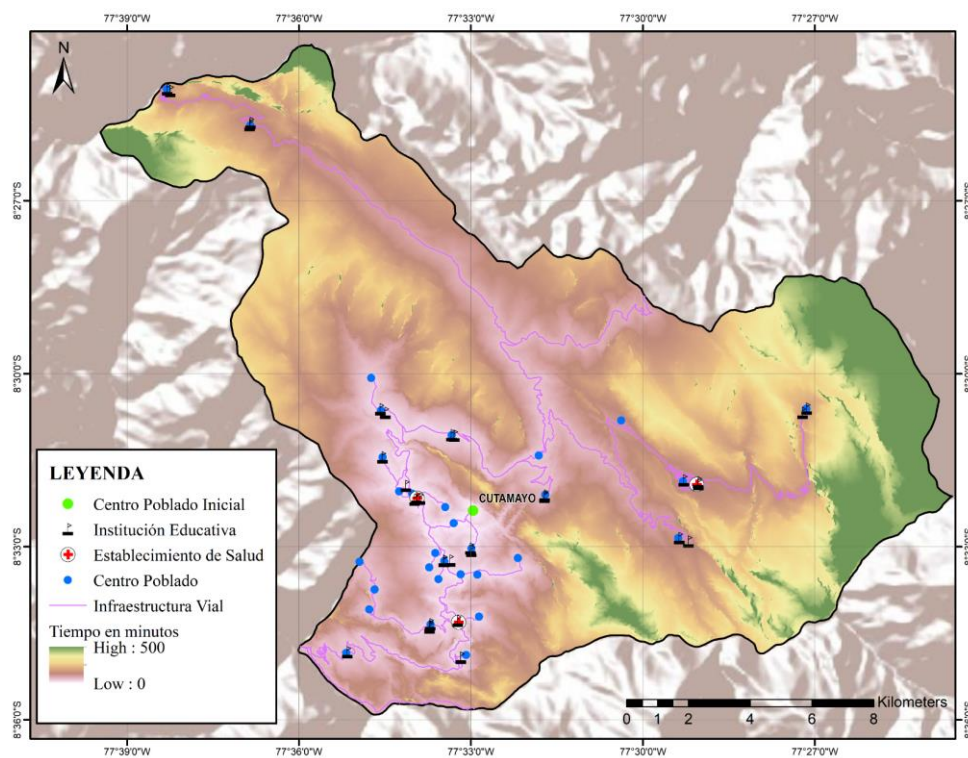
Anexo 4.13: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Ahijadero.



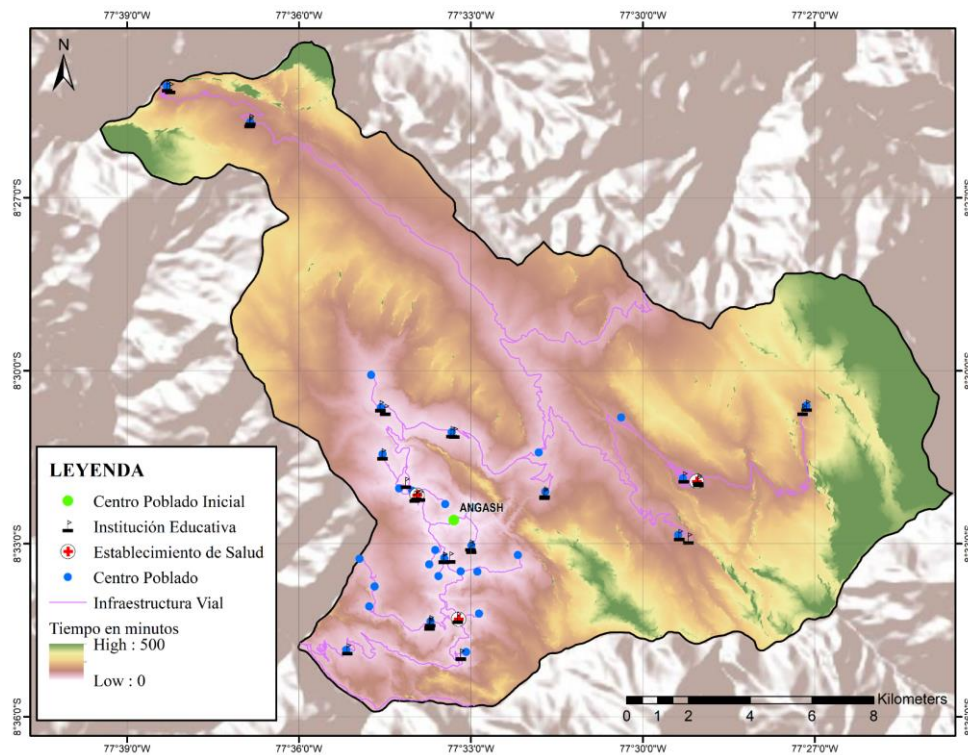
Anexo 4.14: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Succha.



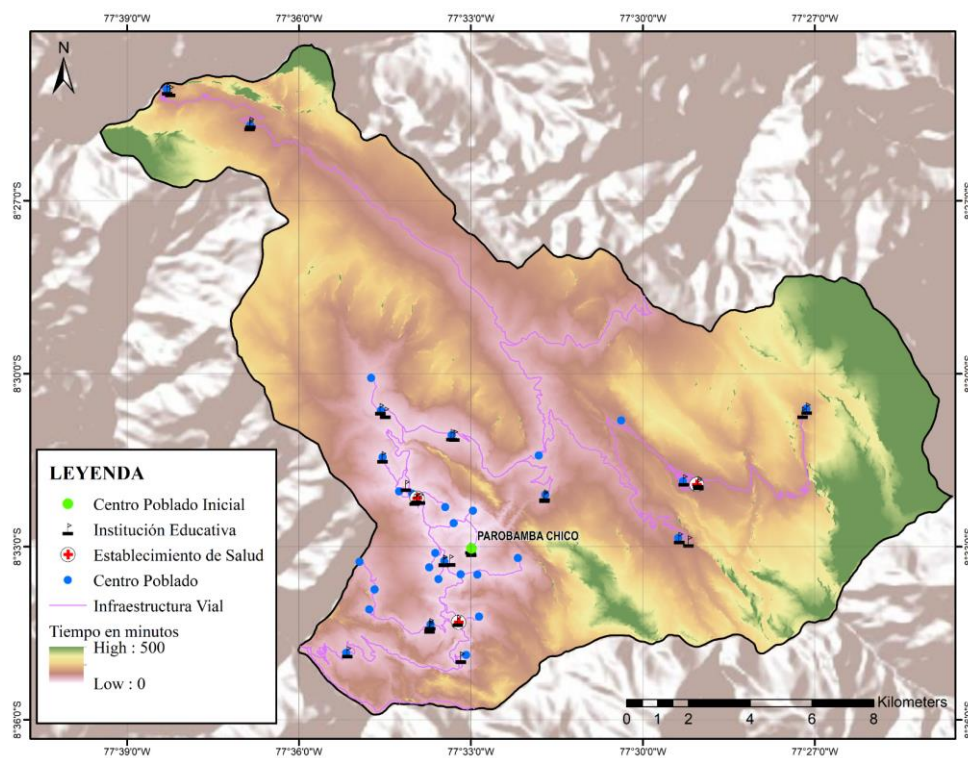
Anexo 4.15: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Cutamayo.



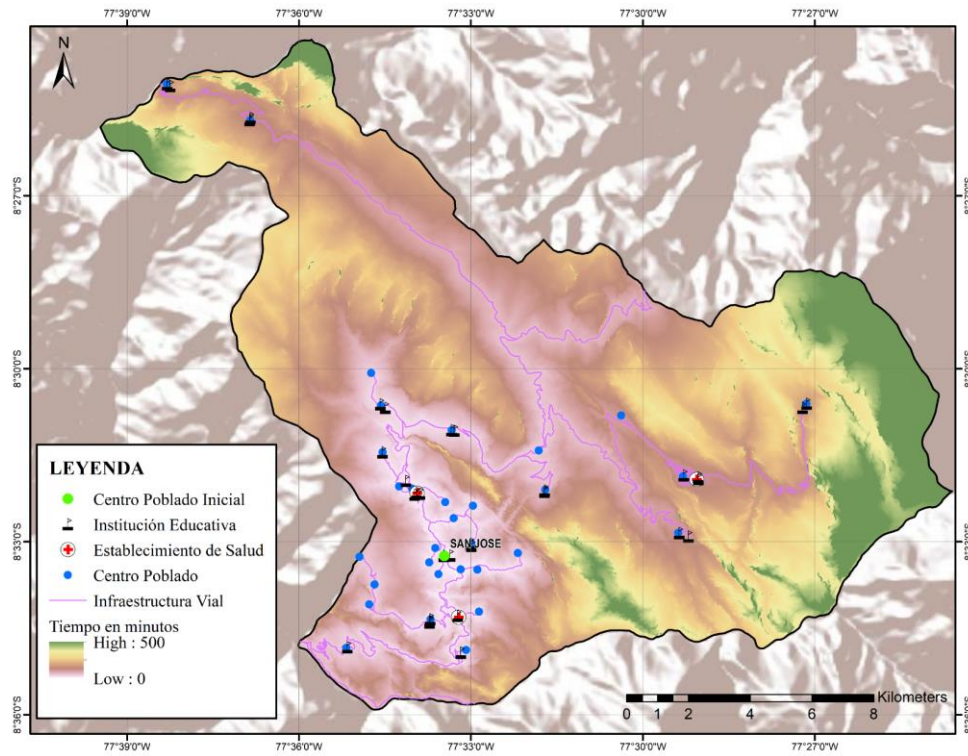
Anexo 4.16: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Angash.



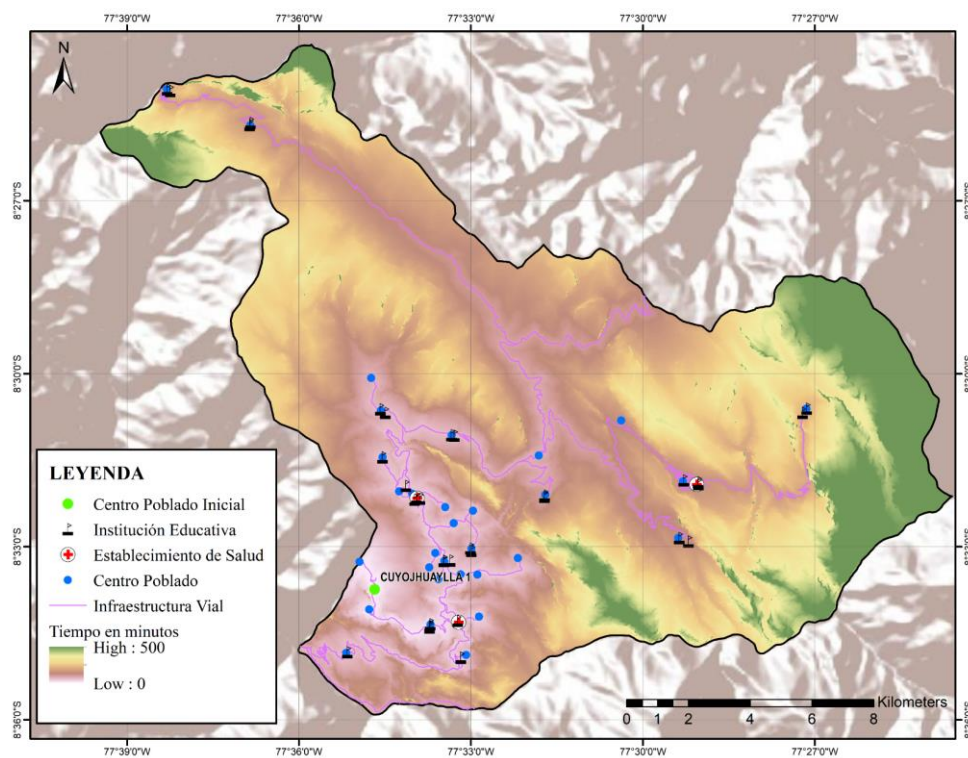
Anexo 4.17: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Parobamba Chico.



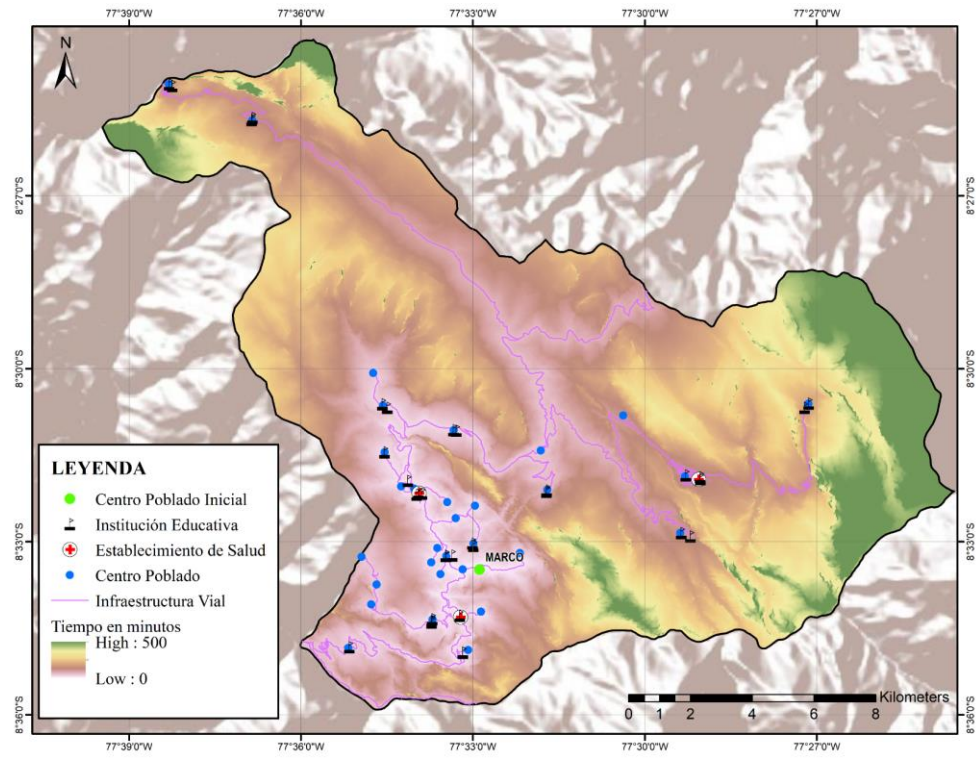
Anexo 4.18: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado San Jose.



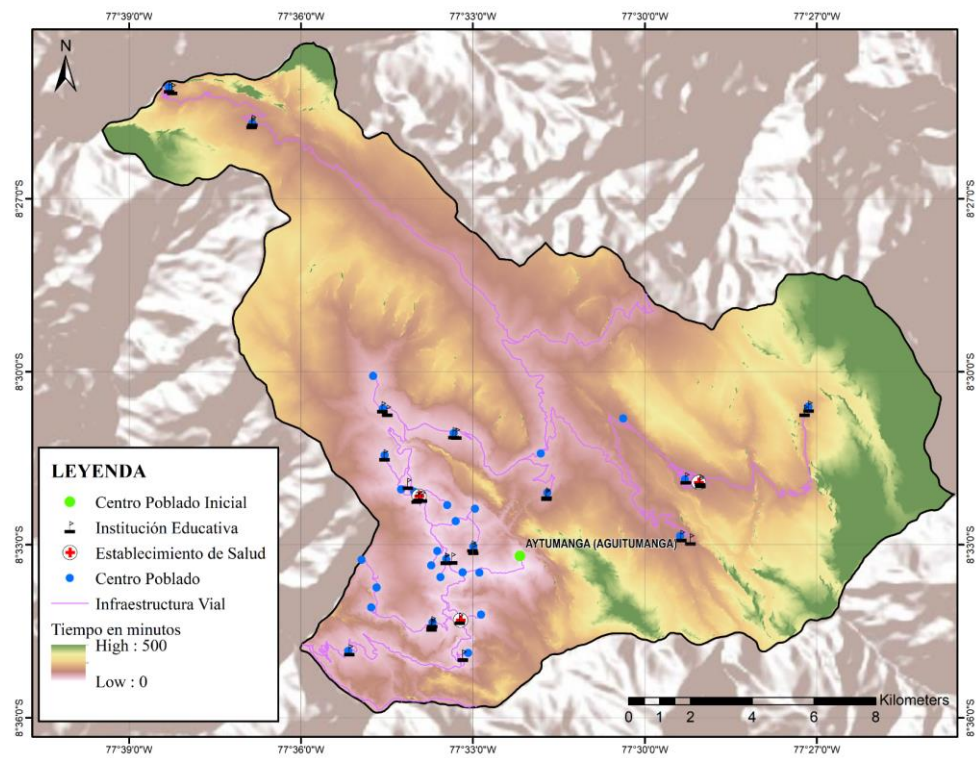
Anexo 4.19: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Cuyojuaylla 1.



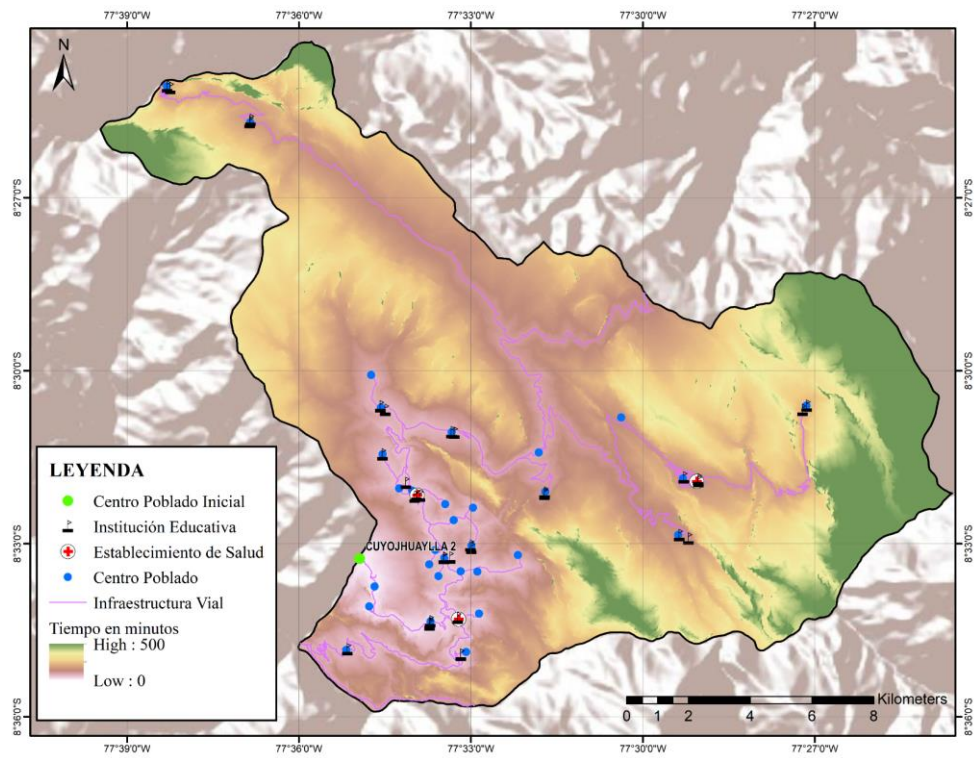
Anexo 4.20: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Marco.



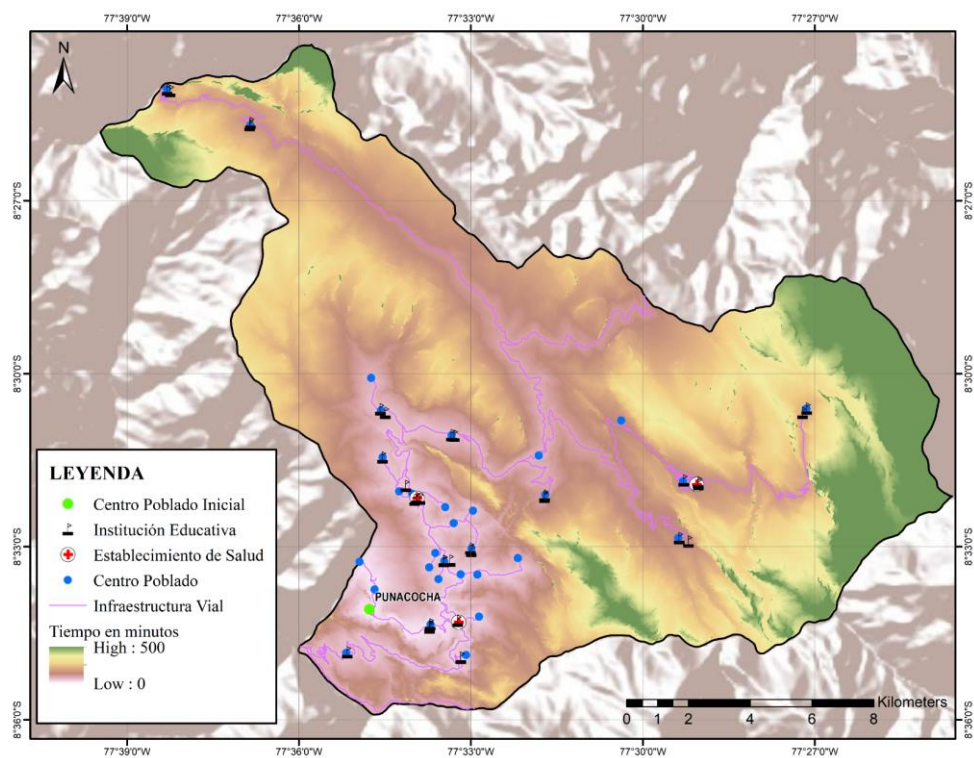
Anexo 4.21: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Aytumanga.



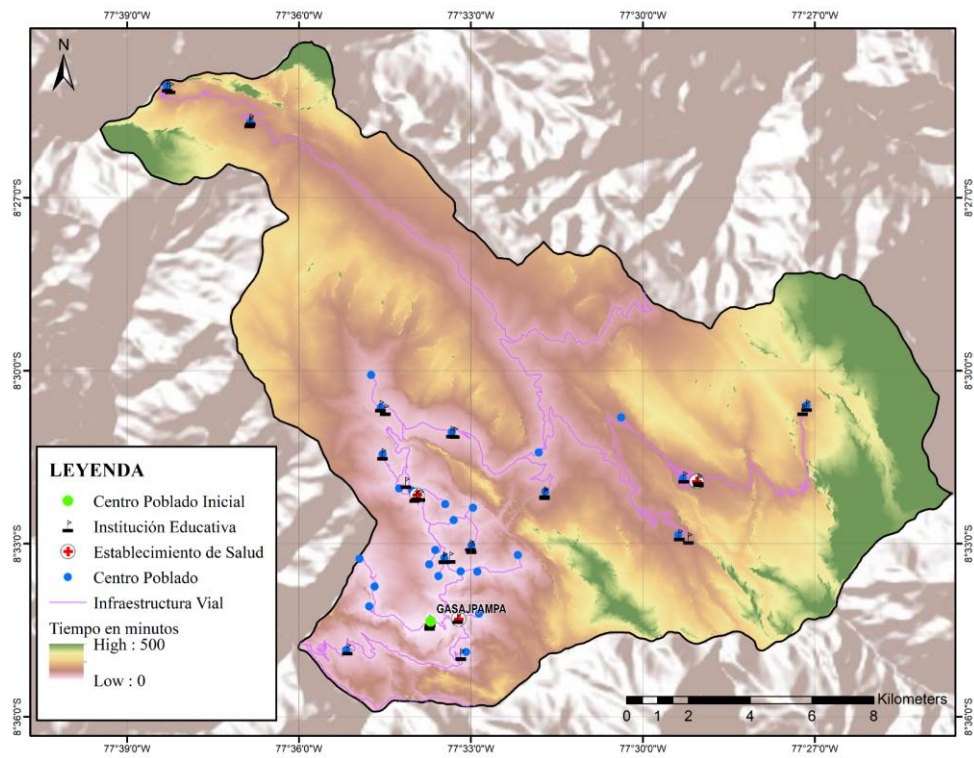
Anexo 4.22: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Cuyojhuaylla 2.



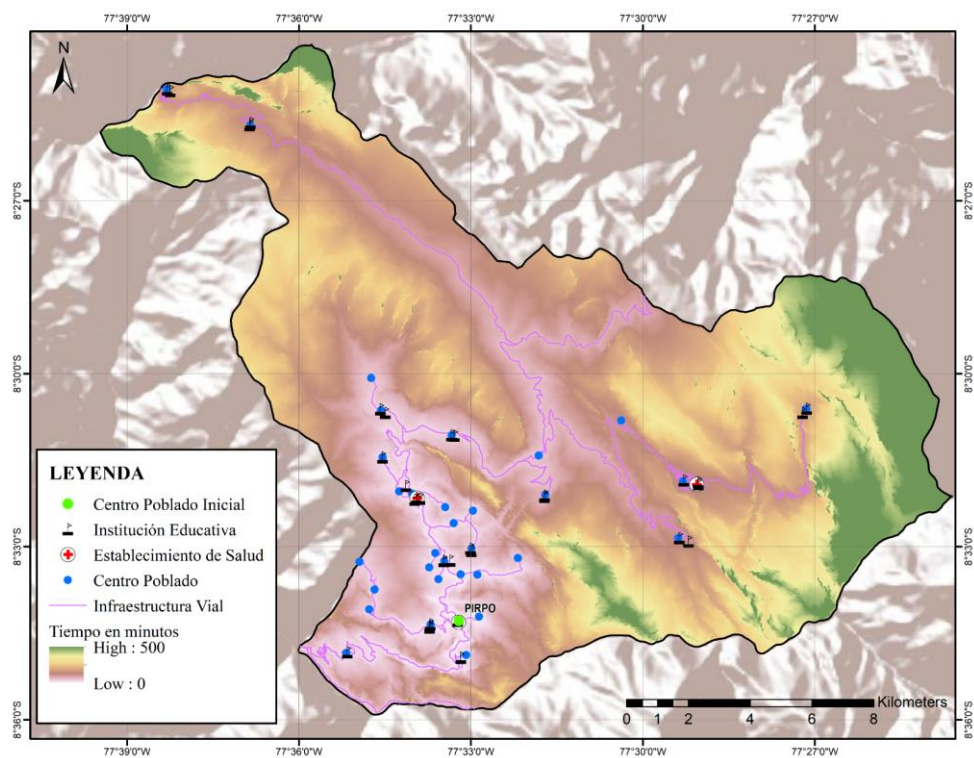
Anexo 4.23: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Punacocha.



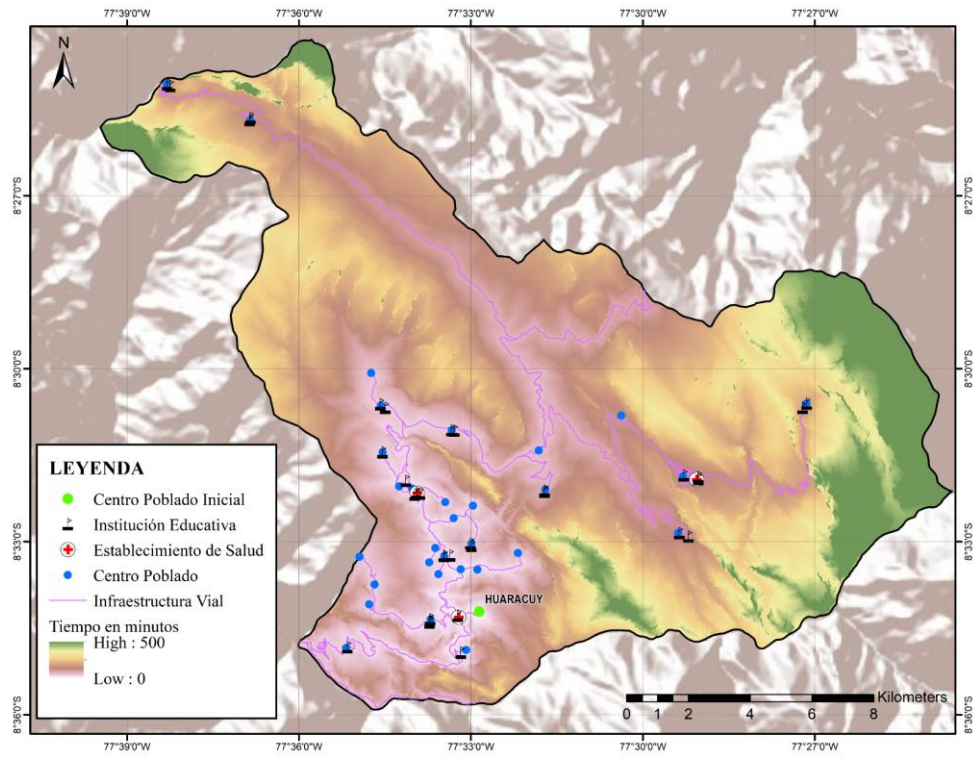
Anexo 4.24: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Gasajpampa.



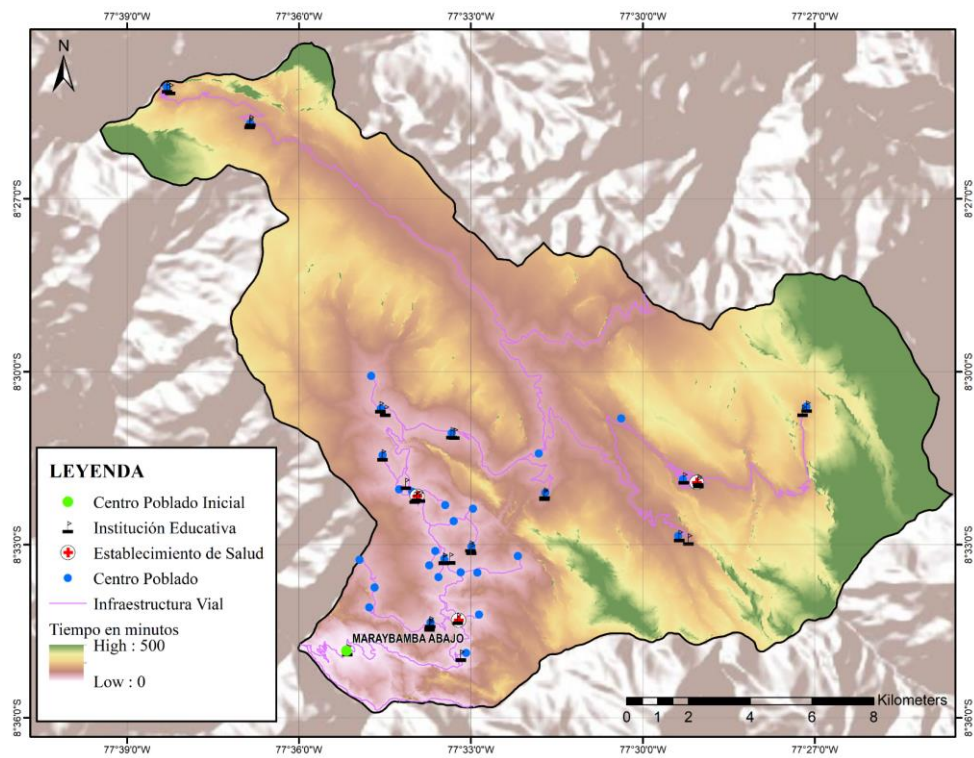
Anexo 4.25: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Pirpo.



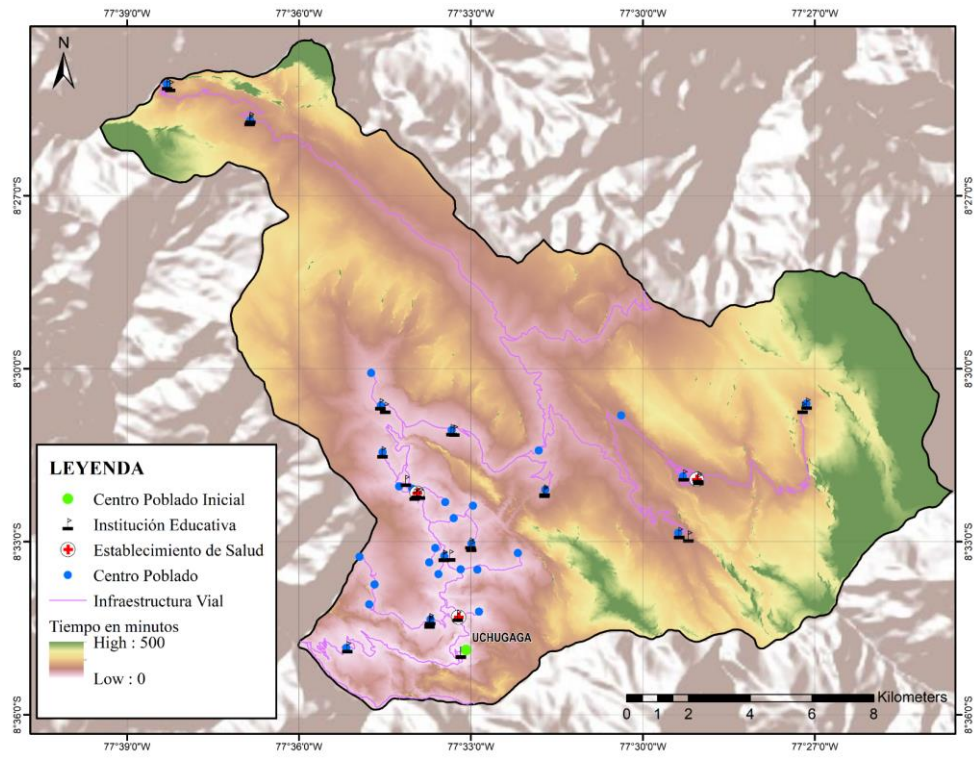
Anexo 4.26: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Huaracuy.



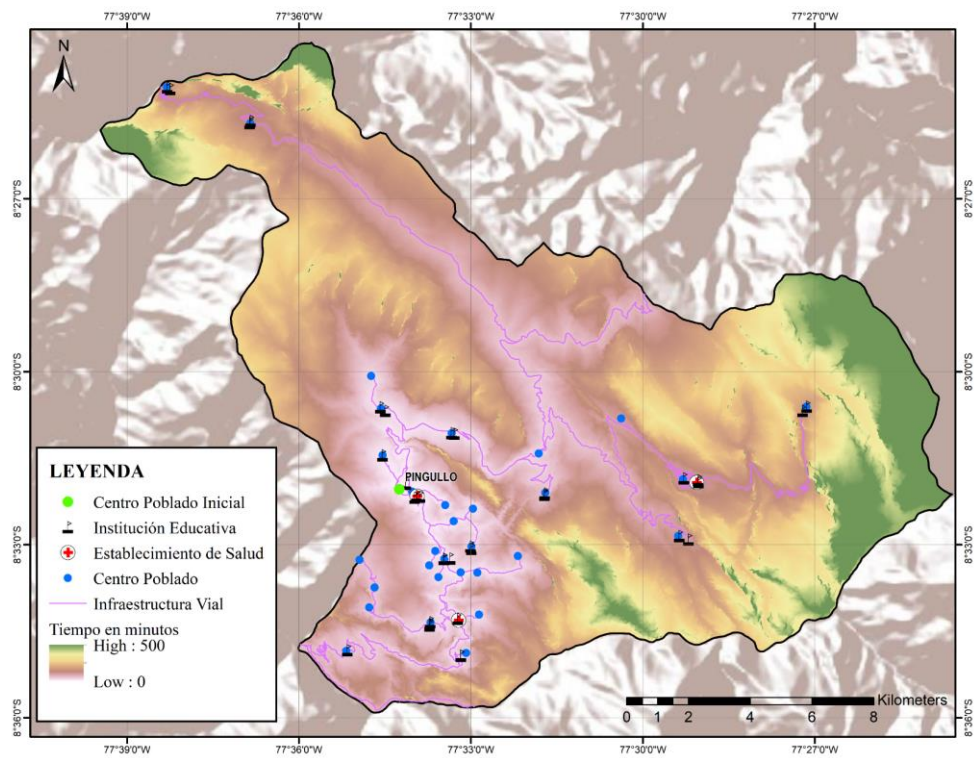
Anexo 4.27: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Maraybamba Abajo.



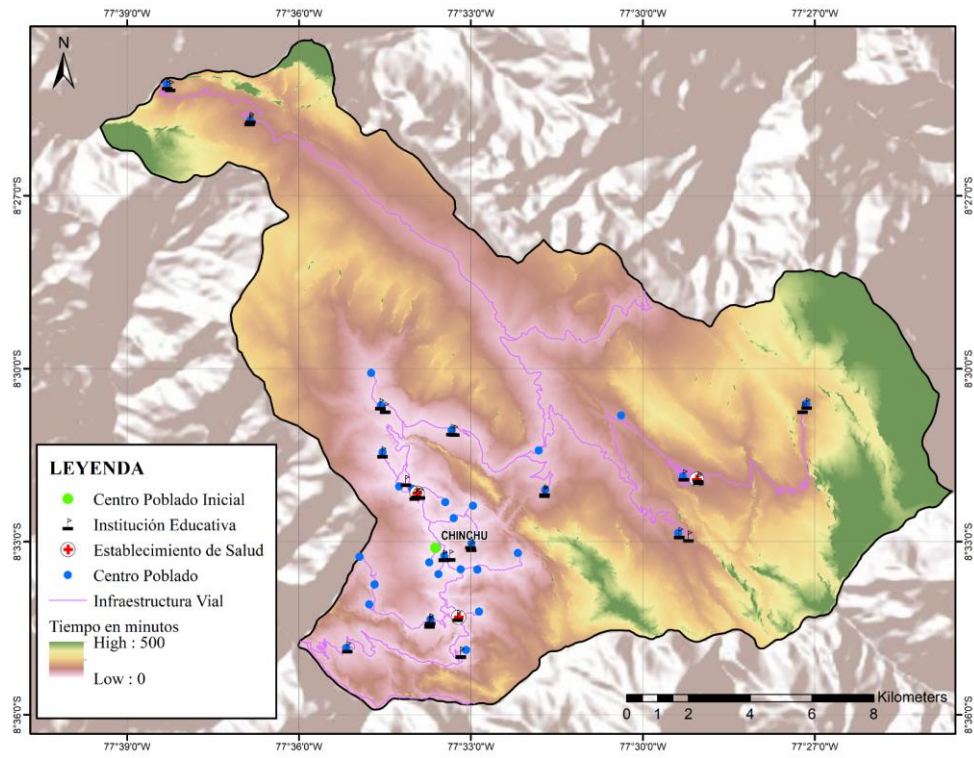
Anexo 4.28: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Uchugaga.



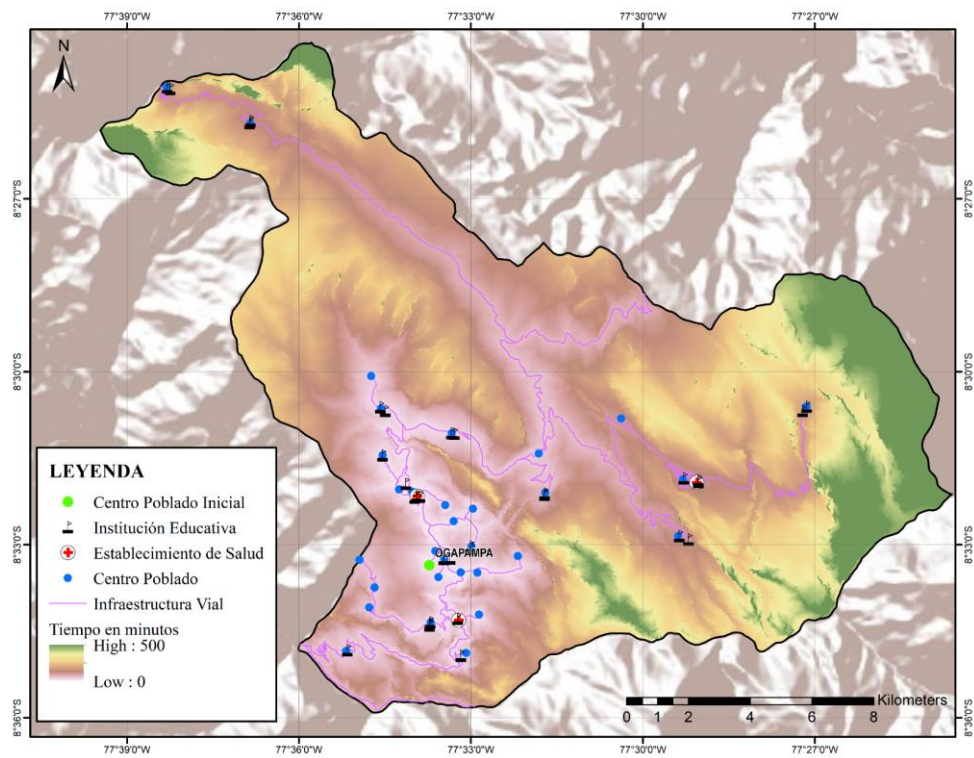
Anexo 4.29: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Pingullo.



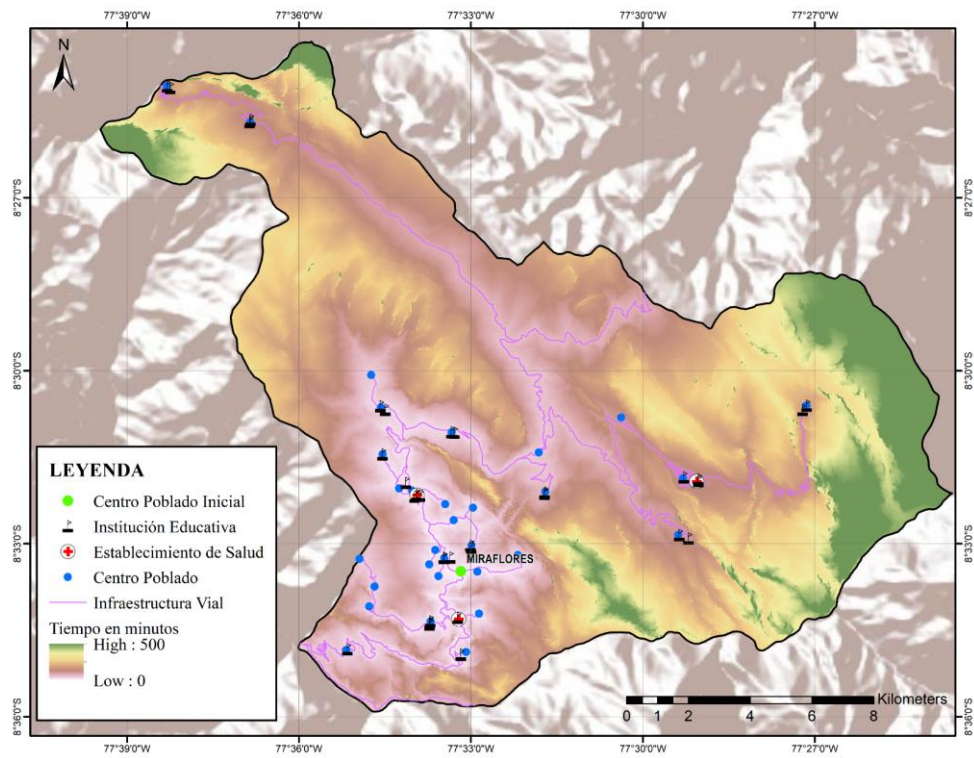
Anexo 4.30: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Chinchu.



Anexo 4.31: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Ogapampa.



Anexo 4.32: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Miraflores.



Anexo 4.33: Mapa de tiempo de desplazamiento del centro poblado Pucallpa.

