

LOCALIZACIÓN DE UN CENTRO LOGÍSTICO DE AYUDA HUMANITARIA (CLH)  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EL MUNICIPIO DE  
POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

LINA MARÍA MUÑOZ FERNÁNDEZ  
JHAN CARLOS SALCEDO VANEGAS



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA UNICOMFACAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2021

LOCALIZACIÓN DE UN CENTRO LOGÍSTICO DE AYUDA HUMANITARIA (CLH)  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE EN EL MUNICIPIO  
DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

LINA MARIA MUÑOZ FERNANDEZ  
JHAN CARLOS SALCEDO VANEGAS

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Director Proyecto de Grado  
M.S.c. NELSON EMILIO PAZ RUIZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA UNICOMFACAUCA.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2021

## **Nota de aceptación**

El director y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio.

---

M.Sc. Nelson Paz Ruiz  
Director proyecto

---

M.Sc. Iván Fernando Flórez  
Jurado

Popayán, 26 de mayo de 2021

## **Agradecimientos**

Primeramente, agradecer a Dios que constituye los cimientos de nuestro desarrollo y a nuestros padres por destinar tiempo, brindar aportes invaluableles y habernos forjado como las personas que somos en la actualidad; muchos de nuestros logros se los debemos a ellos, entre los que gratamente se incluye este. Nos formaron con reglas y algunas libertades, pero, en definitiva, nos motivaron constantemente para alcanzar nuestros objetivos.

A la Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca por acogernos durante todo nuestro proceso de formación profesional, por contribuir en nuestro crecimiento personal y por las oportunidades brindadas que nos han permitido alcanzar este nuevo logro.

Al M.Sc. Nelson Paz Ruiz como director del presente proyecto de grado, por Disposición de tiempo en la instrucción del desarrollo de la investigación, y docentes por brindarnos los principios ineludibles de su conocimiento para llevar adelante y culminar la elaboración del proyecto.

A toda la comunidad del municipio de Popayán y el departamento del Cauca. Para que este grano de arena sea solo una parte del gran cambio que requerimos para la oportuna respuesta ante los desastres de origen natural.

A todos, muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
1. Generalidades .....	14
1.1. Planteamiento Del Problema .....	14
1.1.1. Formulación Del Problema .....	19
1.2. Justificación .....	20
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo General .....	22
1.3.2. Objetivos Específicos .....	22
2. Marco Referencial.....	23
2.1. Marco Teórico.....	23
2.1.1. Métodos para evaluar alternativas de localización.....	26
2.1.2. Localización De Los Centros Logísticos Humanitarios (CLH) a base de metodologías multicriterio.....	28
2.1.3. Metodología de análisis proceso jerárquico para alternativas de localización multicriterio.....	29
2.2. Revisión literaria.....	35
2.3. Marco Legal.....	40
3. Metodología.....	41
3.1. Tipo De Investigación .....	41
3.2. Instrumento de recolección de datos .....	41
3.3. Procesamiento de Datos.....	41
3.4. Proceso metodológico .....	42
4. Desarrollo de la investigación.....	47
4.1. Logística humanitaria en el departamento del cauca y municipio de Popayán.....	47
4.1.1. Entes encargados de la implementación política nacional de gestión del riesgo a nivel departamental.....	47

4.1.2.	Instancias de Coordinación Territorial .....	48
4.1.3.	Dirección y composición CDGRD Departamento del Cauca.....	49
4.1.4.	Oficina Asesora de Gestión de Riesgo de Desastres Departamental-OAGRD del departamento del Cauca.....	49
4.1.5.	Actuación del comité local de Popayán en las fases de una emergencia 53	
4.2.	Eventos de Riesgo en el municipio de Popayán.....	62
4.2.1.	Evento sísmico.....	63
4.2.2.	Eventos De Movimientos En Masa.....	65
4.2.3.	Eventos De Inundaciones .....	66
4.2.4.	Eventos de avenidas torrenciales.....	69
4.2.5.	Amenaza volcánica .....	70
4.3.	Trabajo de Campo .....	73
4.3.1.	Reuniones virtuales.....	73
5.	RESULTADOS .....	74
5.2.	Objetivo de la jerarquización.....	74
5.3.	Identificación de criterios y Sub-criterios.....	74
5.3.1.	Densidad poblacional .....	75
5.3.2.	Geología de la ciudad .....	78
5.3.3.	Infraestructura y antecedentes sísmicos .....	82
5.3.4.	Estructura vial .....	87
5.4.	Definición de alternativas.....	89
5.5.	Aplicación de la metodología a los actores involucrados.....	93
5.5.1.	Actor logístico humanitario: Bomberos de Popayán.....	93
5.5.2.	Actor logístico humanitario: Defensa civil.....	95
5.5.3.	Actor logístico humanitario: scouts de Colombia.....	98
5.5.4.	Actor logístico humanitario: Batallón José Hilario López (Ejército nacional). .....	100
5.5.1.	Alternativa selecciona por el método AHP .....	102
5.6.	Capacidad del centro logístico.....	103
6.	Conclusiones .....	110
7.	Trabajos futuros.....	112
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	113

## LISTA DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Eventos sísmicos destacados desde 1566 – 2017 .....	18
Tabla 2. Escala de comparación de Saaty.....	32
Tabla 3 normativa que regula la atención a desastres naturales en Colombia. ....	40
Tabla 4. Matriz de marco lógico.....	43
Tabla 5. Sectores propensos a inundaciones. ....	67
Tabla 6. Establecimientos educativos y del sector salud expuestos al fenómeno de inundación en la zona urbana. ....	67
Tabla 7. Leyenda del mapa de amenazas del Volcán del Puracé. ....	72
Tabla 8. División Político administrativa de la zona urbana del municipio de Popayán.....	75
Tabla 9. Sub- Criterios de la jerarquización del método AHP .....	78
Tabla 10. Ríos que atraviesan las comunas del municipio de Popayán. ....	81
Tabla 11. Tipo Estructural a nivel predial ante la amenaza sísmica .....	83
Tabla 12. Número de pisos a nivel ante la amenaza sísmica .....	84
Tabla 13. Avalúo a nivel predial ante la amenaza sísmica .....	86
Tabla 14. Proyección poblacional del municipio de Popayán. ....	104
Tabla 15. Dimensiones de los kits de ayuda humanitaria .....	104
Tabla 16. Proyección densidad Poblacional .....	106
Tabla 17. Total de grupos familiares beneficiarios de los dos tipos de Kits por año .....	107
Tabla 18. Área total de ocupación por los kits .....	109

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Porcentaje de afectación por tipo de evento.....	14
Figura 2. Porcentaje de desastres en Colombia .....	15
Figura 3. Mapa Histórico por Vendaval para el municipio de Popayán.....	16
Figura 4. Mapa de Población total expuesta frente a inundación en la Zona Urbana Municipio de Popayán.....	17
Figura 5. Matriz de decisión multicriterio.....	30
Figura. 6 Matriz de comparaciones pareadas.....	34
Figura 7. Línea de Tiempo CDGRD-Cauca .....	48
Figura 8. Organigrama de Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres OAGRD.....	50
Figura 9. Sistema logístico UNGRD.....	51
Figura 10. Flujograma de respuesta ante una emergencia UNGRD.....	52
Figura 11. Organización del Comité Local para la prevención y atención de emergencias del Municipio de Popayán. ....	54
Figura 12. Organización del Comité Operativo de Emergencia .....	61
Figura 13. Actores Logísticos del puesto de mando unificado .....	62
Figura 14. Clasificación de amenaza sísmica por ciudades .....	64
Figura 15. Amenaza sísmica local .....	65
Figura 16. Noticias sobre movimientos de masa .....	65
Figura 17. Movimientos en masa por localización .....	66
Figura 18 Mapa de amenaza por inundación.....	68
Figura 19: Susceptibilidad a Avenida Torrencial en el área urbana del Municipio de Popayán.....	70
Figura 20. Tipología urbana .....	77
Figura 21. Fallas geológicas del municipio de Popayán .....	79
Figura 22. Mapa de la Red hídrica del área Urbana del Municipio de Popayán ...	80
Figura 23. Distribución del uso del suelo a nivel predial frente la amenaza sísmica .....	82
Figura 24. Distribución de Tipo Estructural a nivel predial ante la amenaza sísmica .....	84
Figura 25. Distribución de número de pisos a nivel predial.....	85
Figura 26. Infraestructura vial de la Ciudad de Popayán .....	87
Figura 27. Estado de las vías de la zona urbana del municipio de Popayán. ....	88
Figura 28. Flujos de Transporte .....	88
Figura 29. Comunas del municipio de Popayán.....	90
Figura 30. Jerarquización método AHP. ....	91
Figura. 31. Árbol de jerarquías.....	92
Figura 32. Matriz de comparación de vectores de prioridad caso Bomberos .....	93

Figura 33. Matriz normalizada de criterios y alternativas caso Bomberos. ....	94
Figura 34. Vector promedio final caso Bomberos. ....	94
Figura 35. Prioridad de las alternativas evaluadas caso Bomberos.....	95
Figura 36. Matriz de comparación de vectores de prioridad, caso defensa civil. ...	96
Figura 37. Matriz normalizada de criterios y alternativas, caso defensa civil. ....	96
Figura 38. Vector promedio final caso defensa civil. ....	97
Figura 39. Prioridad de las alternativas evaluadas. ....	97
Figura 40. Matriz de comparación de vectores de prioridad, caso scouts de Colombia .....	98
Figura 41. Matriz normalizada de criterios y alternativas, caso scouts de Colombia. .....	98
Figura 42. Vector promedio final caso scouts de Colombia. ....	99
Figura 43. Prioridad de las alternativas evaluadas caso scouts de Colombia. ....	99
Figura 44. Matriz de comparación de vectores de prioridad caso Ejercito Nacional .....	100
Figura 45. Matriz normalizada de criterios y alternativas, caso ejército nacional.	100
Figura 46. Vector promedio final caso Ejercito Nacional.....	101
Figura 47. Prioridad de las alternativas evaluadas caso Ejercito Nacional. ....	101
Figura 48. Resultados de los actores evaluadores .....	102
Figura 49. Vector promedio final: resultado de los actores evaluadores.....	102
Figura 50. Resultados de las alternativas de selección. ....	103
Figura 51. Dimensiones de los cuatro tipos de Kit. ....	105
Figura 52. área total de los kits. ....	107

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como alcance, la localización de un Centro Logístico Humanitario (CLH)<sup>1</sup> en el municipio de Popayán, para la atención de emergencias ante la ocurrencia de desastres naturales; mitigando así la vulnerabilidad y amenazas, causado por la ubicación geográfica del municipio, que lo hace susceptible a fenómenos geofísicos, como: Movimientos sísmicos, Vulcanismo, Avalanchas, derrumbes y fenómenos hidrometeorológicos tales como: Inundaciones, deslizamientos, vendavales.

Ante la ocurrencia de este tipo de desastres surge una cantidad considerable y variada de ayuda humanitaria proveniente de distintos lugares como lo son: entidades gubernamentales, empresas privadas, ciudadanía y ayuda internacional, la cual debe ser ubicada estratégicamente, para la entrega a damnificados.

Por tal motivo, para el cumplimiento del proyecto, se partirá de un estudio preliminar de fuentes primarias y secundarias, relacionado con las entidades públicas y privadas que estén inmersas dentro del proyecto, para posteriormente determinar mediante un análisis de ponderación, la zona de localización evaluado a través de la metodología Proceso Analítico Jerárquico o AHP<sup>2</sup> (Analytic Hierarchy Process), la cual determinará el lugar apropiado del municipio de Popayán donde se ubicara el CLH, considerando la geografía y vías de acceso del municipio como factor primordial.

---

<sup>1</sup> Espacio en el que se almacenan productos, se preparan pedidos y, posteriormente, se organizan las expediciones para su distribución.

<sup>2</sup> Es una técnica usada para la toma de decisiones, se basa en realizar una distribución de las decisiones a tomar en función de una prioridad o jerarquía que ayuda a visualizar cuál o cuáles son las decisiones que mayor impacto crean para el objetivo planteado.

## INTRODUCCIÓN

La humanidad ha confrontado una sucesión de desastres, uno tras otro, que perjudican no solo la vida de cada individuo, si no la economía de cada país y todo esto en los últimos años, siendo así estos eventos cada vez más frecuentes, derivación de las acciones de la naturaleza, principalmente resulta como motivo las fuertes lluvias. Situaciones como estas han llamado la atención y ha ocasionado intranquilidad, lo que motiva a la búsqueda de mecanismos que permitan dar respuesta a situaciones de emergencia, dando origen a la logística humanitaria[1].

La tardanza en movilizar suministros o la falta de disponibilidad de estos puede causar que las respuestas ante una emergencia no sean realmente prácticas dando como resultado un aumento en el sufrimiento humano y con esto pérdida de vidas, cuando ocurre un desastre. Las organizaciones humanitarias pueden mejorar su capacidad de respuesta frente a emergencias y acondicionamiento para esta clase de eventos de origen natural y asegurar así una mayor disponibilidad de los suministros de socorro que se ejecutan mediante el posicionamiento previo, lo cual, se refiere al proceso de almacenamiento; inventario un centro logístico de pre-posicionamiento. Un pre-posicionamiento para transigir las emergencias repentinas es un reto debido a la ubicación, tiempo y magnitud del suceso, debido a que pueden ser altamente impredecibles. Sin embargo, sería más beneficioso para estas organizaciones en respuesta a las emergencias de origen natural repentinos, que se producen sin un ciclo de preparación; tales centros eliminarían los contratiempos en la fase de la respuesta [2].

En los últimos años los desastres naturales han cobrado una cantidad significativa de víctimas y la tendencia creciente pronosticada durante 50 años de la ocurrencia de dichos desastres[3].

No se cuenta con un plan completo estructurado para dar respuesta inmediata a las emergencias provenientes de desastres naturales en la mayoría de los países en vía de desarrollo.

En Colombia igualmente se pueden evidenciar las consecuencias de las acciones de la naturaleza, como resultado del invierno de acuerdo a estudios realizados, en los últimos 40 años se registraron más de 28 mil eventos de desastre, de los cuales el 60% se reportaron a partir de la década de 1990. Durante los años 2010 y 2011 se ha reportado la cuarta parte de emergencias registradas, y una tercera parte de la población afectada según estudios realizados por Carlos Osorio [4].

La logística humanitaria cubre un amplio espectro de actividades enmarcadas en las fases típicas encontradas en el manejo de desastres: mitigación, preparación, respuesta y recuperación[5]. Las actividades logísticas ejecutadas dependen del tipo de desastre y sus impactos, generando distintos niveles de complejidad y restricciones operativas en la atención de emergencias. Las actividades de

mitigación y preparación son ejecutadas antes del desastre, y pretenden mejorar las condiciones de seguridad y reducir el impacto en las personas y la infraestructura[6].

En la logística humanitaria, uno de los aspectos críticos es la localización estratégica de los almacenes. La efectividad y la velocidad de respuesta de la cadena de suministro tienen como factores determinantes la cantidad y localización adecuada de dichos almacenes, así como su capacidad. Tanto la efectividad como la velocidad de respuesta de la ayuda humanitaria dependen fundamentalmente de la logística; para ello, se deben tomar decisiones y acciones administrativas antes, durante y después de la emergencia. Una de estas decisiones críticas es la relacionada con el diseño de la cadena de suministro y consiste en la adecuada ubicación de los centros de almacenamiento donde se guardarán los materiales de ayuda, tales como, agua, medicinas, alimentos y materiales de abrigo, entre otros; así como la distribución de estos luego de que haya ocurrido una emergencia de origen natural[7].

Todo este proceso de preparación se ejecuta posteriormente a lo que es la metodología o modelo AHP; esta metodología es un procedimiento frecuentado para la toma de decisiones, se apoya en efectuar una distribución de las decisiones a tomar en función de una jerarquía o prioridad que ayuda a visualizar cuál o cuáles son las decisiones que crean un impacto mayor para el objetivo buscado, sea un problema y adaptándose a los menesteres de la circunstancia[8].

Esta clase de herramientas se comprende en un marco para catalogar un problema de decisión, y poder efectuar una visualización de como impactan cada una de las decisiones, y de esta manera poder evaluarlas por orden de importancia y poder buscar alguna disyuntiva cuando no se esté seguro de cómo van a impactar las decisiones elegidas sobre el problema o asunto a tratar[9].

En el modelo AHP, el paso inicial para desarrollar el estudio de decisiones es poner sobre la mesa todas las posibles soluciones tomadas como viables para el problema que tenemos, a cada una de ellas las desglosamos y vemos cuál es la verdadera funcionalidad de cada una de ellas, es decir, cuestionar para que realmente vamos a utilizar esta herramienta y qué va a aportar si la empleamos, buscar la base de la solución o si se puede, hacer un despliegue de la misma [10].

En el Cauca se han expuesto diversos escenarios de riesgo que dan origen a la pérdida de vida de muchos individuos predominando según reportes de la OARGD las emergencias de origen hidrometeorológico tales como: Deslizamientos, vendavales e inundaciones. Por condiciones presentadas en distintos territorios del departamento y por los datos presentados en este proyecto, se constata la omisión de procesos logísticos de aprovisionamiento, almacenamiento y distribución dentro de la planeación estratégica y gestión de la cadena de suministro para la atención y respuesta a desastres.

De acuerdo con lo expuesto y con el objetivo de contribuir a la mitigación de este impacto social, como punto de partida del presente proyecto, se fundamenta en localizar un centro logístico humanitario (CLH), todo ello con el propósito de contar con una oportuna, eficiente y eficaz respuesta en la atención de emergencias, desastres y calamidades, de este modo se obtiene prevención y preparación hacia la comunidad frente a los desastres naturales.

# Capítulo 1

## 1. Generalidades

### 1.1. Planteamiento Del Problema

Para poder abarcar el problema, es fundamental saber que un desastre natural hace referencia a enormes daños o pérdidas en una comunidad o población. Y una amenaza natural es un evento o fenómeno natural (como la lluvia, viento, inundaciones, terremotos entre otros) el cual ya es considerado peligroso para la integridad de las personas y/o bienes de estas[11].

A lo largo de la historia los desastres naturales (terremotos, erupciones volcánicas, entre otros) han generado grandes impactos alrededor del mundo tanto en el ámbito económico, político, social y cultural, la figura 1 evidencia las pérdidas de vidas humanas, daños en infraestructura, contaminación del medio ambiente ya sea causado directamente por los residuos del desastre natural o por las secuelas de daños de infraestructura. Cabe aclarar que la mayoría de este tipo de desastres naturales no son predecibles, razón por la cual es indispensable tomar las medidas preventivas necesarias para mitigar las posibles consecuencias causados por estos eventos, minimizando de esta forma el impacto sobre la población [12] [13].

Los desastres naturales cada vez tienen mayor importancia debido a la magnitud de daños y pérdidas que genera este tipo de eventos, siendo así que de acuerdo a estudios realizados por el DNP en el año 2018 el 88% de pérdidas humanas es causada por eventos geológicos a nivel mundial (figura 1). En Latinoamérica, Colombia es el país con mayor tasa de desastres naturales, en el periodo de 2014 a 2016 aproximadamente 21.594 emergencias, de los cuales 11% corresponde a eventos de tipo geológicos (figura 2)[14].

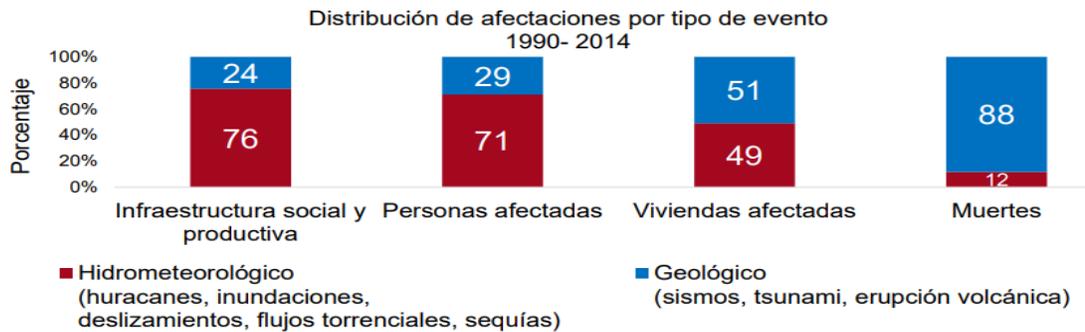


Figura 1. Porcentaje de afectación por tipo de evento  
Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP) 2018.[15]

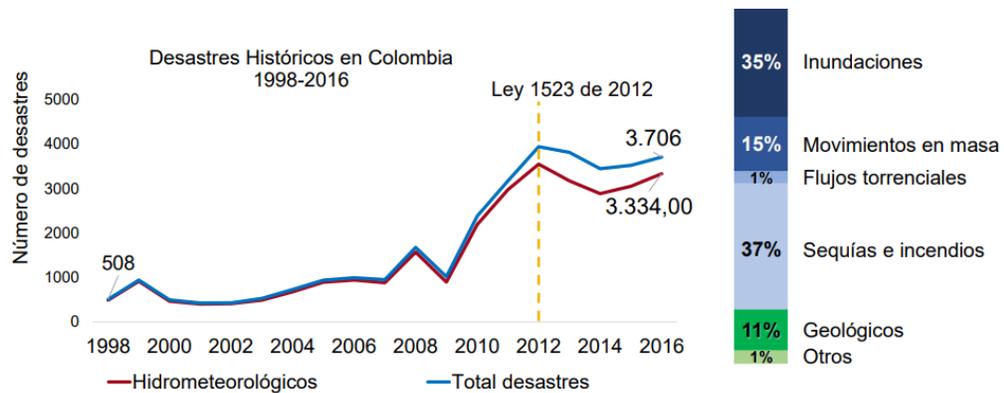


Figura 2. Porcentaje de desastres en Colombia  
Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP) 2018.[15]

Así mismo Mejía, 2018 expresa que según un estudio el país en Latinoamérica está catalogado como una de las regiones con mayor riesgo de desastres y crisis humanitaria, debido a los altos índices que presenta en peligro y exposición, vulnerabilidad y falta de capacidad de afrontamiento [16].

La ubicación geográfica de una ciudad o poblado, y el entorno alrededor de esta, es fundamental para determinar la posibilidad de afección por un desastre natural, es decir, en el caso de las ciudades cercanas a la costa tienen la posibilidad de verse afectadas por huracanes y/o tsunamis, aquellas que están ubicadas en zonas donde se interceptan placas tectónicas pueden verse afectadas por terremotos.

El Municipio de Popayán ubicado en el departamento del Cauca es susceptible a desastres naturales; esto es causado a su ubicación geográfica los cuales son susceptibles a fenómenos geofísicos [17], como:

- Movimientos sísmicos
- Vulcanismo
- Avalanchas
- Derrumbes
- Aludes y fenómenos hidrometeorológico tales como:
- Inundaciones
- Deslizamientos
- Vendavales

Según reportes de la Alcaldía de Popayán, y la Oficina Asesora de Gestión del Riesgo de Desastres municipal en 2019, en su más reciente reporte arrojado informa que se presentaron deslizamientos y derrumbes de tierra en los sectores de Calicanto, desbordamientos de ríos y quebradas en el barrio Los Comuneros, e inundaciones en la Quebrada Pubús, los barrios Laura Simonds y Chapinero, dejando al redor de 18 viviendas averiadas con un reporte 216 personas damnificadas [18], por otra parte el río Ejido y la quebrada Pubús son los que han registrado más eventos, es decir, que son los afluentes que más han incidido en la ocurrencia de inundaciones en el municipio, seguido del río Molino que ha presentado las 4 Avenidas Torrenciales que han afectado a la ciudad la última de ellas el 24 de diciembre de 2017, además dentro de este contexto cabe resaltar el movimiento sísmico evidenciado del 31 de marzo de 1983 que dejó alrededor de 300 víctimas mortales y más de 10000 personas sin techo.[19]

En la (Figura 3) se muestra el mapa de los vendavales donde se puede observar que la frecuencia de tipo de eventos es relativamente poca. Se logra analizar que en las zonas en donde se presentan daños por vendavales no tiene un comportamiento espacial claramente definido, corresponde más a un comportamiento aleatorio. Esto, se puede explicar en la medida de que los efectos que pueden causar este tipo de eventos, no corresponde propiamente a su naturaleza sino, a las condiciones de las viviendas o demás edificaciones [20]

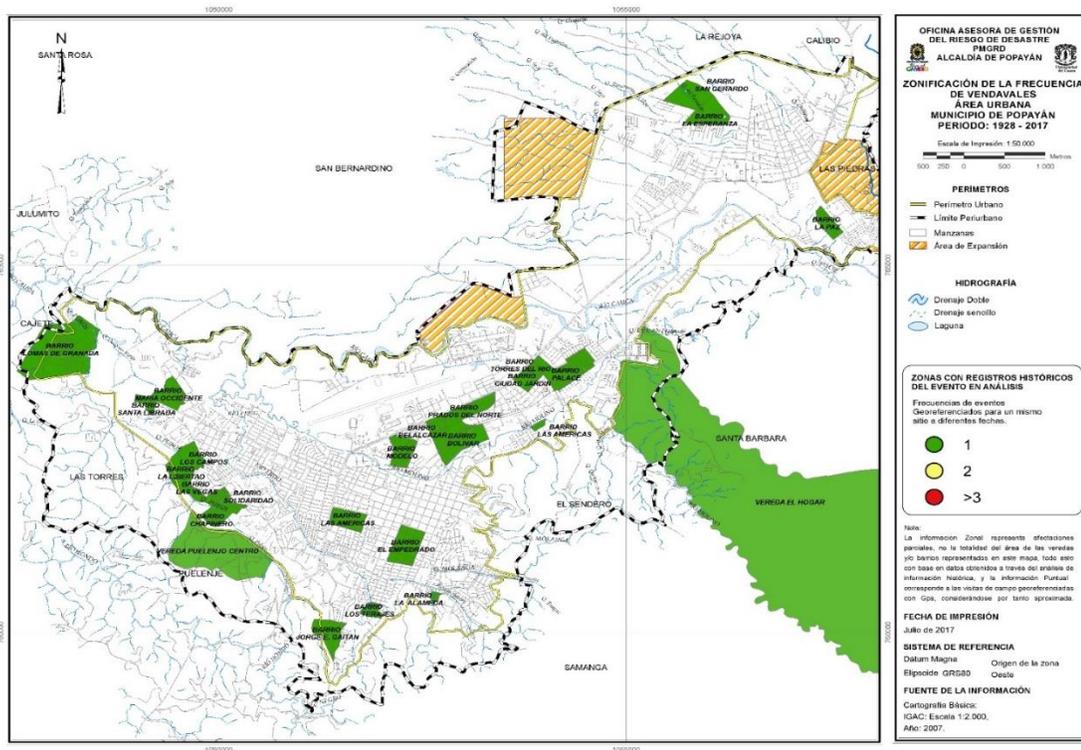


Figura 3. Mapa Histórico por Vendaval para el municipio de Popayán  
 Fuente: documento de historicidad de eventos del municipio de Popayán 2017.[20]

Dentro del mismo contexto en la (Figura 4). Se muestra la población expuesta ante la ocurrencia de una inundación en la zona urbana, se puede observar que la mayor población que se vería afectada es por la influencia de la quebrada Pubús y el río Ejido al sur de la ciudad, al nororiente se verían afectados por el río Cauca y las quebradas que se localiza en el sector. [21]

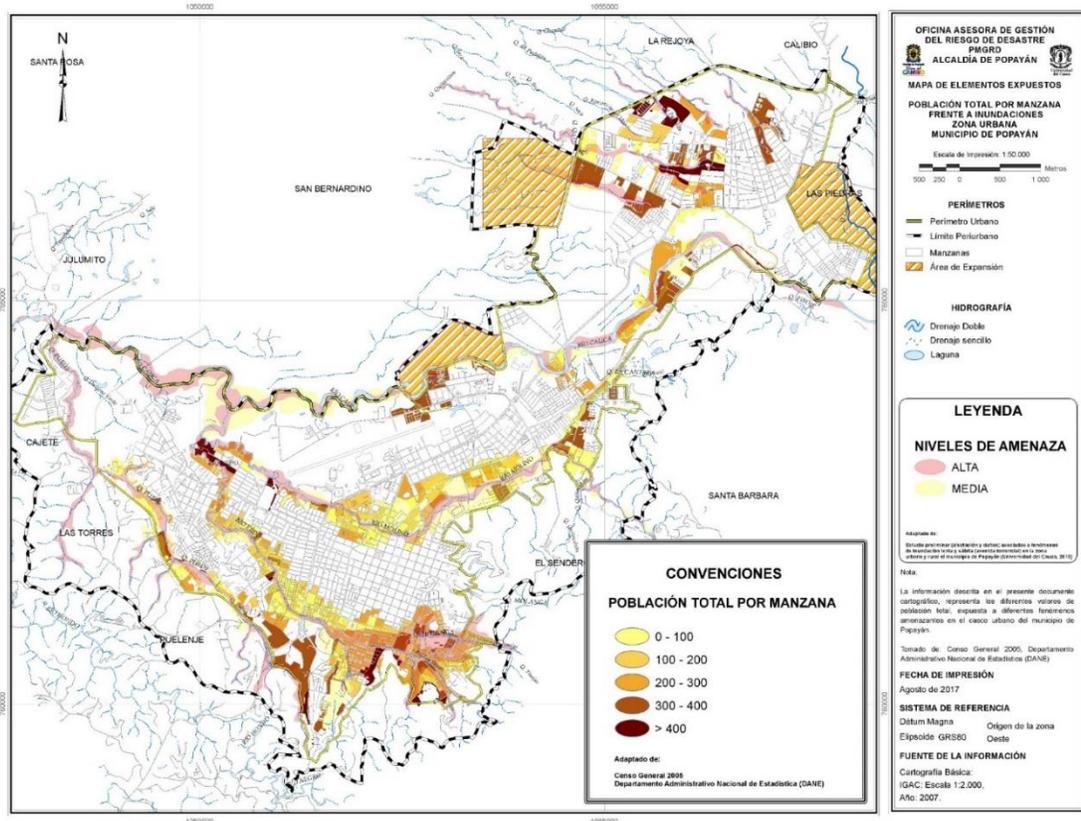


Figura 4. Mapa de Población total expuesta frente a inundación en la Zona Urbana Municipio de Popayán.

Fuente: Censo DANE (2005).[21].

Del mismo modo se analiza el caso de ocurrencia de terremoto; este fenómeno es causado porque la región andina de Colombia está determinada, en términos de fallas geológicas y de sismos, por el proceso de convergencia de dos grandes placas tectónicas, la de Nazca (oceánica) y la de Suramérica. Entre estas dos, el llamado "Bloque Norandino" (entre la Zona de Subducción frente al Litoral Pacífico y el Piedemonte de la Cordillera Oriental), se ha desarrollado como una microplaca, con movimiento en dirección hacia el Norte específico del municipio de Popayán, razón por la cual existe un alto riesgo de verse afectado por un sismo o terremoto dado el movimiento de placas tectónicas y fallas geológicas que cubren este municipio[17][19][1]

Es por ello que, debido a estas grandes placas tectónicas, se originan las fallas corticales del cinturón de fuego comprendido por los Sistemas de Romeral y Cali-Patía. Fallas sismológicas que afectan a la ciudad de Popayán, en el cual se destaca la falla Cauca-Almaguer (Bolívar-Almaguer), perteneciente al sistema de falla Romeral, Así mismo en la tabla 1 se puede observar los sismos de mayor trascendencia que han ocurrido en el municipio de Popayán.

**Tabla 1.** Eventos sísmicos destacados desde 1566 – 2017

FENÓMENO	RECURRENCIA (Frecuencia)	EVENTOS DESTACADOS	SEVERIDAD (Impactos)
<b>SISMOS</b>	126 eventos Encontrados en el periodo 1566 – 2017.	Febrero 2 de 1736	Afectaciones en templos de la ciudad y numerosas viviendas. La ciudad quedo prácticamente destruida.
		Noviembre 16 de 1827	Destrucción de la iglesia de San Agustín y afectaciones en numerosos templos y viviendas de la ciudad.
		Marzo 31 de 1983	Se estima que el Sismo destruyó 2470 casas, dejó 6885 con daños superiores al cincuenta por ciento, 4500 con daños menores y destruyó 150 oficinas y talleres; los daños materiales se cifraron en 300 millones de dólares (Sarria, 2005, citado por Espinoza, 2012). Unos 250 muertos, 1.200 heridos y 90 mil damnificados (El Colombiano 3 de abril de 1983).

Fuente: adaptado de: Alcaldía de Popayán 2018 [22]

El tipo de logística que se debe realizar en casos de desastres, recibe la denominación de logística humanitaria. Según García, 2010 se define como el proceso de planificación, implementación y control del flujo y almacenamiento eficiente y costo-efectivo de materiales, mercancías e información, desde el punto de origen al punto de consumo con el propósito de aliviar el sufrimiento de la gente vulnerable. Entre los principales inconvenientes que se presentan al momento de que ocurra un desastre natural se encuentran: manejo de inventarios, transporte y distribución de recursos tanto humanos como físicos, localización de puestos de comunicación y/o de atención de heridos, entre otros. Dado lo anterior, se pretende dar una ayuda o solución para el problema de localización de centros asistenciales y clasificación de heridos, como de asignación de recursos humanos y físicos en estos. [23]

Con el constante cambio en cuanto a las condiciones climáticas y ambientales que se genera a diario, la Gobernación del Cauca a través de la Oficina Asesora de Gestión del Riesgo, en su afán por garantizar el bienestar y la calidad de vida de cada individuo, han venido implementando acciones que promuevan el aumento de la resiliencia de sus municipios y comunidades ante emergencias, esto con el fin de fortalecer de una forma eficiente y eficaz el tiempo de respuesta en la cadena de abastecimiento para la atención de emergencias en el departamento del Cauca.[24]

Por causa de lo mencionado anteriormente se plantea determinar la zona de localización de un Centro Logístico Humanitario en el municipio de Popayán, mejorando así la atención a todas las emergencias y priorizar a municipios del sur del país, los cuales permitan fortalecer la logística para la atención de emergencias.

#### **1.1.1. Formulación Del Problema**

¿En qué lugar estratégico del municipio de Popayán se debe localizar el centro logístico de ayuda humanitaria, para la coordinación de actores logísticos ante el caso de atención de desastres naturales en el departamento del Cauca?

## 1.2. Justificación

En los últimos años las cifras de personas afectadas han incrementado considerablemente según el sistema Nacional de gestión de riesgo a causa de desastres naturales, por lo tanto, la gestión de la cadena de suministro<sup>3</sup> en la logística humanitaria debe realizarse de una manera eficiente para lograr el funcionamiento adecuado de la cadena de abastecimiento humanitaria. [25]

De acuerdo a lo anterior se contempla que la logística humanitaria puede actuar en tres momentos del desastre: antes, durante y después , utilizando diferentes técnicas orientadas (en su mayoría) a la definición de estrategias y toma de decisiones a través de modelos matemáticos que han permitido, por ejemplo, localizar ayudas, definir estrategias operativas de búsqueda y rescate y/o disminuir el tiempo de respuesta a través del ruteo y optimización del transporte [26]

A pesar de los grandes avances tecnológicos que ha logrado la humanidad a través del tiempo, existen aún necesidades no cubiertas, como es el caso de la predicción oportuna y exacta del momento, lugar y magnitud de un desastre natural. Es por esto que en el mundo se han creado instituciones, encargadas de enfrentar este tipo de situaciones que evidencian la importancia de contar con una logística adecuada para este fin. [27]

Según la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos y Desastres (UNGRD), 2018 en el país hasta la fecha se cuenta con una red de Centros Logísticos Humanitarios, con lo cual se busca fortalecer la capacidad de respuesta en los departamentos y municipios del territorio nacional; estos se encuentran ubicados estratégicamente en Bogotá, disponible para la atención en todo el territorio Nacional. En Medellín, Antioquia, cubriendo la región andina; Manizales, Caldas, el cual atiende a toda la región del Eje Cafetero; en Magangué, Bolívar, desplegado para la región Caribe y la Depresión Momposina; y el de Cúcuta, Norte de Santander, como soporte a la atención y respuesta en la zona fronteriza.[28]

---

<sup>3</sup> Son todas las actividades para preparar y distribuir un bien o producto, con el objetivo de satisfacer una necesidad de un cliente. Los actores que participan en la cadena de abastecimiento son el fabricante, los proveedores, los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle y consumidores finales

Por lo anterior un centro logístico humanitario debe estar en el sitio adecuado, diseñado de acuerdo a la naturaleza, variedad y operaciones a realizar a los productos, equipamiento adecuado, y soportado por una organización eficiente y un sistema de información adecuado, pero fundamentalmente la infraestructura constructiva debe responder o adaptarse a los procesos logísticos definidos, es decir antes de construir se debe diseñar el proceso y luego materializar el mismo a través de una edificación acorde. Asimismo dentro de la instalación se debe lograr un flujo óptimo con un enfoque de procesos y fraccionado desde la demanda [29].

Por lo anterior el desarrollo de este trabajo ofrecerá a la población del Departamento del Cauca y del suroccidente Colombiano la localización óptima de un Centro Logístico Humanitario[30]. Mediante la metodología AHP; el cual es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales. Esta metodología se utiliza para resolver problemas en los cuales existe la necesidad de priorizar distintas opciones y posteriormente decidir cuál es la opción más conveniente. Las decisiones a ser tomadas con el uso de esta técnica, pueden variar desde simple decisiones personales y cualitativas hasta escenarios de decisiones muy complejas y totalmente cuantitativas.[31].

Por tal razón la metodología implementada tiene como finalidad la ubicación del CLH será mejorar la atención de emergencias, el suministro de insumos, la intervención y control oportuno de los eventos de desastres naturales que se registren en el departamento del Cauca.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Definir la localización estratégica de un Centro Logístico Humanitario (CLH) ubicado en el municipio de Popayán, para la atención de emergencias ante la ocurrencia de desastres naturales en el departamento del Cauca, utilizando la metodología AHP como herramienta estratégica de ubicación.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar los grupos de interés, que generen impacto en el ámbito de logística humanitaria.
- Diagnosticar mediante la metodología de AHP (Analytic Hierarchy Process) las zonas de alto riesgo ante un posible desastre natural.
- Evaluar con los grupos de interés el lugar de localización del Centro Logístico Humanitario (CLH), determinados mediante el análisis multicriterio de la metodología implementada.
- Sugerir la capacidad del Centro Logístico Humanitario, basado en la densidad poblacional, para la atención y respuesta ante un caso de desastre natural.

## Capítulo 2

### 2. Marco Referencial

Este capítulo presenta una revisión de literatura como sustento teórico para el desarrollo del proyecto. En primer lugar, se describe un conjunto de conceptos y métodos que constituyen un fundamento teórico para la investigación. Luego se presenta de manera resumida algunas investigaciones donde se ha planteado y aplicado la metodología AHP, un marco legal y finalmente un marco conceptual donde se expone algunas definiciones y parámetros que contribuyen al sustento del proyecto.

#### 2.1. Marco Teórico

##### **Logística.**

Se define la logística como una actividad empresarial cuyo objetivo principal es la planificación y gestión. Llevar a cabo y controlar, de una forma eficiente y efectiva el flujo y almacenamiento de materias primas, inventarios en proceso, productos semielaborados y productos terminados, servicios e información relacionada, desde su origen hasta el consumidor final con el fin de satisfacer las necesidades del cliente. Se resalta que, esta definición incluye los movimientos internos y externos, la acción de importación y exportación; devolución de materiales con fines medioambientales[32].

La logística y sus funciones desempeñan un papel fundamental; es un conjunto de actividades de diseño y dirección de los flujos de material, informativo y financiero, que deben efectuarse de modo coordinado y racional con la finalidad de suministrar al cliente los productos y servicios en la cantidad, calidad, precio, plazo y lugar demandados, con una cuantiosa competitividad y un ínfimo costo; con ello maximizando los recursos.

##### **Logística humanitaria.**

Es un término amplio que considera tanto las estrategias como los procesos y la tecnología. Se define como el proceso de planeación, implementación y control eficiente y efectivo de los flujos de productos, materiales e información desde los donadores (individuos y organizaciones) hasta las personas afectadas con el fin de atender sus necesidades de supervivencia [33].

La logística humanitaria involucra la entrega de los suministros apropiados, a las personas apropiadas, en el lugar apropiado y en las cantidades apropiadas. La aplicación de conocimientos y habilidades, más la movilización de personas y recursos, es esencial para atender rápida y efectivamente a la población afectada [33].

Según el artículo de [34], esta definición de logística humanitaria incorpora tanto la tarea de suministrar una ayuda continua por largos períodos para aliviar eventos de hambruna o dar apoyo a refugiados, como brindar asistencia inmediata y temporal a una población que ha sido afectada por un desastre repentino, ya sea natural o provocado.

### **Centro logístico humanitario CLH**

El CLH fortalece las capacidades de las entidades operativas del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SNGRD), la coordinación de asistencia humanitaria, la optimización de recursos y mejorará los tiempos de respuesta frente a cualquier evento de origen natural o antrópico. Se busca el desarrollo del país o departamento en los tres pilares de la gestión del riesgo: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo del desastre [35].

Conlleva también un centro de operaciones donde se articularán de manera sistemática a los actores de la gestión del riesgo y sus estrategias, para tener comunidades menos vulnerables.

### **Desastre natural.**

Es un acontecimiento desastroso, imprevisto o pronosticable, que altera de forma importante el funcionamiento de una comunidad o sociedad y genera unas pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales que desbordan la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente a la situación a través de sus propios recursos. Aunque frecuentemente están causados por la naturaleza, los desastres pueden deberse a la actividad humana. Esto ocurre cuando un peligro tiene efectos en las personas vulnerables [36].

### **Gestión de desastres.**

Se define a la gestión de desastres como la organización y la gestión de recursos y responsabilidades para abordar todos los aspectos humanitarios de las emergencias, en particular la preparación, la respuesta y la recuperación a los desastres, a fin de reducir sus efectos; esto según La federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja– IFRC.

En forma con el artículo 32 de la Ley 1523 de 2012, determinó que los tres niveles de gobierno (nacional, departamental y municipal) deben formular e implementar planes de gestión del riesgo para priorizar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del sistema nacional, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo del desastre, como parte del ordenamiento territorial y del desarrollo, así como para realizar su seguimiento y evaluación[37].

El riesgo de desastres se deriva de procesos de uso y ocupación insostenible del territorio, por tanto, la explotación racional de los recursos naturales y la protección del medio ambiente constituyen características irreductibles de sostenibilidad ambiental y contribuyen a la gestión del riesgo de desastres.

La gestión del riesgo se basa en tres procesos:

1. Conocimiento del Riesgo
2. Reducción del Riesgo
3. Manejo del Desastre

### **Emergencia.**

La unidad nacional para la gestión del riesgo de desastres la define como una situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia de este que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general [38].

### **Unidad Nacional para la Gestión de riesgos y desastres (UNGRD)**

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de la Presidencia de la República de Colombia (UNGRD)<sup>4</sup> tiene como propósito conducir la implementación de la gestión del riesgo de desastres, atendiendo las políticas de desarrollo sostenible, y coordinar el funcionamiento y el desarrollo continuo del sistema nacional para la prevención y atención de desastres – SNPAD[39].

Como parte integral de su accionar está el desarrollar, planear, articular, implementar y evaluar procesos de Conocimiento del Riesgo, Reducción del Riesgo (Intervenciones prospectivas, intervenciones correctivas y protección financiera) y Manejo de Desastres (Preparación y ejecución para la respuesta y preparación y ejecución de la recuperación) [39].

### **El problema de Localización**

Los factores de localización tienen una serie de características básicas: los proveedores, las instalaciones, los espacios a ser utilizados, los parámetros que medirán los costos y tiempos, haciendo énfasis en medir para controlar y de esa manera ir mejorando cada vez[40].

---

<sup>4</sup> Unidad que dirige, orienta y coordina la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia, fortaleciendo las capacidades de la sociedad en general, con el propósito explícito de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible

### **2.1.1. Métodos para evaluar alternativas de localización.**

Los problemas de localización han sido a lo largo de la historia tema de constante investigación y de propuestas de solución eficientes por parte de todas las personas que buscan alternativas en lugares óptimos para ubicar centros logísticos humanitarios CLH. Según la literatura se utilizan cuatro métodos principales para resolver problemas de localización: método de calificación de factores, análisis del punto de equilibrio de la localización, método del centro de gravedad, y modelo de transporte. [41]

Dentro de este contexto se evalúa la localización del centro logístico humanitario por medio de la calificación por factores ya que este método permite una fácil identificación de los costos difíciles de evaluar que están relacionados con la localización de instalaciones.[42]

Existen factores cuantitativos y cualitativos que se deben considerar al elegir una localización; algunos de estos factores son más importantes que otros, por eso los administradores pueden usar ponderaciones con el fin de que la toma de decisiones sea más objetiva. El método de calificación de factores es popular porque puede incluir de manera objetiva un gran número de factores, que van desde la educación hasta la recreación y las habilidades laborales.[43]

Los pasos a seguir son:

1. Desarrollar una lista de factores relevantes (factores que afectan la selección de la localización).
2. Asignar un peso a cada factor para reflejar su importancia relativa en los objetivos de la compañía.
3. Desarrollar una escala para cada factor (por ejemplo, 1-10 o 1-100 puntos).
4. Hacer que la administración califique cada localidad para cada factor, utilizando la escala del paso 3.
5. Multiplicar cada calificación por los pesos de cada factor, y totalizar la calificación para cada localidad.
6. Hacer una recomendación basada en la máxima calificación en puntaje, considerando los resultados de sistemas cuantitativos también.

La ecuación es la siguiente:

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i * F_{ij}$$

Donde:

*S<sub>j</sub>* = puntuación global de cada alternativa

*W<sub>i</sub>* = peso ponderado de cada factor

*F<sub>ij</sub>* = es la puntuación de las alternativa

### **Análisis del punto de equilibrio de la localización**

El análisis del punto de equilibrio de la localización es el uso del análisis de costo-volumen para hacer una comparación económica de las alternativas de localización. Al identificar los costos fijos y variables y graficarlos para cada localización, podemos determinar cuál proporciona el menor costo. El análisis del punto de equilibrio de la localización se realiza en forma gráfica o matemática. El enfoque gráfico tiene la ventaja de dar un intervalo del volumen para el que es preferible cada localización[44].

Los tres pasos para efectuar el análisis del punto de equilibrio de la localización son los siguientes:

1. Determinar los costos fijos y variables para cada localización.
2. Graficar los costos de cada localización, con los costos en el eje vertical y el volumen anual en el eje horizontal.
3. Seleccionar la localización que tenga el menor costo total para el volumen de producción esperado.

### **Modelo de transporte**

El objetivo del modelo de transporte es determinar el mejor patrón de embarque desde varios puntos de suministro (fuentes) hasta varios puntos de demanda (destinos) a fin de minimizar los costos totales de producción y transporte. Toda empresa con una red de puntos de suministro y demanda enfrenta este problema. Aunque la técnica de programación lineal (PL) puede usarse para resolver este tipo de problemas, se han desarrollado algoritmos más eficientes y con el propósito específico de aplicarlos al transporte. El modelo de transporte encuentra una

solución inicial factible y después la mejora paso a paso hasta encontrar la solución óptima[45].

Para utilizar el método de transportación hay que considerar los siguientes pasos:

1. Los puntos de origen y la capacidad o abasto por período, para cada uno.
2. Los puntos de destino y la demanda por período para cada uno.
3. El costo de embarque por una unidad desde cada origen hacia cada destino.

El primer paso en el procedimiento de este tipo de problema es establecer una matriz de transportación, la cual tiene como objetivo resumir de manera provechosa y concisa todos los datos relevantes y continuar los cálculos del algoritmo.

Para crear la matriz de transportación deben seguirse los siguientes pasos:

- Crear una fila que corresponda a cada planta (existente o nueva) que se esté considerando y crear una columna para cada almacén.
- Agregar una columna para las capacidades de las plantas y una fila para las demandas de los almacenes, e insertar después sus valores numéricos específicos.
- Cada celda que no se encuentre en la fila de requisitos ni en la columna de capacidad representa una ruta de embarque desde una planta hasta un almacén. Insertar los costos unitarios en la esquina superior derecha de cada una de esas celdas.

### **2.1.2. Localización De Los Centros Logísticos Humanitarios (CLH) a base de metodologías multicriterio.**

Para elegir un método adecuado de localización es necesario considerar todos los factores o criterios que pueden influir en la correcta selección de un lugar, éstos factores de localización tienen una serie de características básicas como lo es : los proveedores, las instalaciones, los espacios a ser utilizados, los parámetros que medirán los costos y tiempos, haciendo énfasis en medir para controlar y de esa manera ir mejorando cada vez por lo cual es de vital importancia elegir un lugar geográfico entre varios para así realizar sus operaciones[46]. La selección del lugar apropiado en el que se van a desarrollar las operaciones logísticas de un centro de distribución es una decisión de gran importancia. Aunque se trate de una decisión infrecuente, la significación de su impacto y las implicaciones que se derivan de ella justifican una atención y consideración adecuada por parte de la dirección. Para elegir un método adecuado de localización es necesario considerar todos los factores o criterios que pueden influir en la correcta selección de un lugar [47].

Los Modelos de localización suelen ser un conjunto de procedimientos matemáticos que intentan buscar soluciones al problema de donde ubicar centros de distribución de manera que se optimicen ciertos valores considerados importantes a la hora de brindar ayuda humanitaria a los damnificados[48]. La mayoría de los modelos han sido diseñados para determinar las localizaciones óptimas de una o varias instalaciones deseables de tal manera que se obtenga su mejor distribución espacial a partir de minimizar los costos o tiempos totales de transporte[49].

Existen muchos factores cuantitativos y cualitativos que se deben considerar al elegir una localización. Algunos de estos factores son más importantes que otros, por eso los administradores pueden usar ponderaciones con el fin de que la toma de decisiones sea más objetiva. El método de calificación de factores es popular porque puede incluir de manera objetiva un gran número de factores, su uso es importante cuando existen problemas en los que las alternativas de decisión son finitas como el caso a tratar dentro del estudio, y se denominan problemas de decisión multicriterio [50][51].

### **2.1.3. Metodología de análisis proceso jerárquico para alternativas de localización multicriterio.**

El AHP es un lógico y estructurado método de trabajo que optimiza la toma de decisiones complejas cuando existen múltiples criterios o atributos, mediante la descomposición del problema en una estructura jerárquica [52]. Esto permite subdividir un atributo complejo en un conjunto de atributos o criterios más sencillos y determinar cómo influyen cada uno de esos criterios individuales en el objetivo de la decisión. Esa influencia está representada por la asignación de los valores que se asigna a cada criterio. El método AHP establece dichos valores a través de comparaciones pareadas (uno a uno) [53]. En algunas ocasiones esto facilita la objetividad de los procesos investigados y permite reducir sustancialmente el uso de la intuición en la toma de decisiones.

Esta metodología se utiliza para resolver el problema de priorizar diferentes opciones y posteriormente decidir cuál es la opción más conveniente. Las decisiones tomadas con esta técnica, pueden variar desde simples decisiones personales y cualitativas hasta escenarios de decisiones muy complejas y totalmente cuantitativas. [31].

Lo que indica que este método ha posibilitado que en el proceso de toma de decisiones se estructure un problema multicriterio en forma visual, [54]mediante la construcción de una jerarquía de atributos, la cual contiene como mínimo tres niveles:

- El propósito o el objetivo global del problema, situado en la parte superior.
- Los distintos atributos o criterios que definen las alternativas en el medio.
- Las alternativas que concurren en la parte inferior del diagrama.

En el caso de que hallan suficientes atributos o criterios o que no sean claros, pueden incluirse subcriterios más operativos en forma secuencial entre el nivel de criterios y el de las alternativas, lo que origina un modelo jerárquico multinivel.[55] Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones por pares entre dichos elementos (criterios, subcriterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por los actores que intervienen en el proceso de decisión.[56]

El modelo AHP recurre a las medidas absolutas, esta restricción es posible de eliminar si se hace una separación del total de alternativas en grupos de elementos, la toma de decisiones multiatributo (multiple attribute decision making) trabaja con un número finito de alternativas determinadas,  $A=\{A_1, A_2...A_m\}$ , del cual se conoce además su evaluación sobre cada uno de los atributos,  $X_1, X_2,...X_n$ , de carácter cuantitativo o cualitativo y que se representa a través de la denominada matriz de decisión.[57]

**Matriz de decisión**

	$X_1$	$X_2$	...	$X_j$	...	$X_n$
$A_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$
$A_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{mj}$	...	$x_{mn}$

Figura 5. Matriz de decisión multicriterio  
Fuente: adaptado de: Planificación multicriterio utilizando metodología difusa integrada de VIKOR y AHP [57]

Con relación a la matriz de decisión representada es posible expresar que  $x_{ij}$  es el resultado alcanzado por la alternativa  $A_i$ ,  $j=1, n$ . Lo que indica que a partir de los valores preferidos por el tomador de decisiones (sobre cada uno de los atributos), se puede formar la alternativa presuntamente ideal. Una de las partes más relevantes del modelo AHP consiste en la estructuración de la jerarquía del problema de forma visual. [58] En esta etapa, los tomadores de decisiones (actores) implicados deben desglosar el problema y sus componentes principales en partes. Los pasos para obtener la estructuración del modelo jerárquico son:

- (i) Definición del objetivo.
- (ii) Identificación de criterios.
- (iii) Identificación de subcriterios.
- (iv) Identificación de alternativas.

Como se menciona en los párrafos anteriores este proceso es la base para la toma de decisiones, que puede ser medida o evaluada y cuyo fin es expresar las preferencias de los implicados. La identificación de alternativas corresponde a propuestas posibles o viables mediante las cuales se podrá alcanzar el objetivo general. [59][60]

Con relación a lo estipulado anteriormente el método AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior, esto podrá verse con mayor claridad.[61]

Se plantea entonces, que la mejor manera de entender el método es describiendo sus tres funciones básicas: estructurar la complejidad, medir en una escala y sintetizar.[60] [62]

- **Estructuración de la Complejidad.**

El método AHP busca una manera eficiente para resolver el problema de la complejidad, para lo cual utiliza la estructuración jerárquica de los problemas en subproblemas homogéneos. Es decir, se convierte en una descomposición jerárquica logrando destacarse como una de las grandes virtudes del método, debido a que descompone una meta u objetivo en factores más simples, es decir, un problema se descompone en subproblemas, los cuales están relacionados directamente con el problema inicial, y al lograr la solución de los subproblemas y manteniendo la relación existente entre ellos, se consigue la solución del problema inicial. [63]

- **Medición en escalas.**

La implementación de metodología AHP permite realizar mediciones de factores tanto subjetivos como objetivos a partir de estimaciones numéricas, verbales o gráficas, lo cual le provee una gran flexibilidad, [64] lo cual permite que exista gran variedad de aplicaciones en campos tan distintos unos de otros. El hecho de tener definida una escala general, aplicable a cualquier situación, permite la universalidad del método y lo hace sencillo de aplicar para quien toma la decisión. [65]

- **Síntesis.**

El enfoque del método AHP es sistémico, ya que aunque analiza las decisiones a partir de la descomposición jerárquica, en ningún momento pierde de vista el objetivo general y las interdependencias existentes entre los conjuntos de factores, criterios y alternativas, por lo tanto, este método está enfocado en el sistema en general, y la solución que presenta es para la totalidad, no para la particularidad.[66]

### 2.1.3.1.1. Principios y Axiomas de la metodología.

#### El principio de Descomposición

Como se mencionó anteriormente el AHP permite estructurar un problema complejo en subproblemas jerárquicos con dependencias de acuerdo con el nivel de descomposición en el que se encuentren.

El fundamento de la propuesta se basa en que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas (gracias a lo cual se puede medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende). Para la realización de las comparaciones se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, es por ello que utiliza una escala fundamental del 1 al 9 que ha sido satisfactoria en comprobaciones empíricas realizadas en situaciones reales muy diversas. [67]

**Tabla 2.** Escala de comparación de Saaty.

ESCALA DE COMPARACIÓN			
ESCALA DE SAATY	REPRESENTACIÓN	ESCALA VERBAL	INTERPRETACIÓN
1	M1	Igual de importancia de ambos elementos	Los dos elementos contribuyen de igual forma al objetivo.
3	M3	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	M5	Fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente favorecido
7	M7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente dominante
9	M9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	La evidencia que favorece a uno de los elementos es del mayor orden de afirmación.
2,4,6,8	M2,M4,M6,M8	Valores intermedios	Usado para juicios intermedios

Fuente: adaptado de Decisiones multicriterio 2018 [67]

## **Axiomas**

### **1. Axioma recíprocal**

Si frente a un criterio, una alternativa A es n veces mejor que B, entonces B es  $1/n$  veces mejor que A. Este principio es utilizado en el análisis matricial que se realiza a los criterios y las alternativas. Garantiza que el análisis se haga de manera bidireccional.

### **2. Axioma de homogeneidad**

Los elementos que son comparados no deben diferir en mucho en cuanto a la característica de comparación establecida, como se enseña en la figura 6.

### **3. Axioma de la síntesis**

Los juicios acerca de las prioridades de los elementos en una jerarquía no dependen de los elementos del nivel más bajo. Este axioma es rebatible y en algunos análisis no se aplica puesto que puede ser posible que exista dependencia de la importancia de un objetivo con el nivel más bajo. [68]

La matriz de comparaciones pareadas contiene comparaciones alternativas o criterios. Si suponemos una matriz A de dimensión  $n \times n$ , con los juicios relativos sobre los atributos o criterios, y  $A_{ij}$  es el elemento (i, j) de A, para  $i = 1, 2, \dots, n$ , y  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Entonces se puede decir que A es una matriz de comparaciones pareadas de n criterios, si  $A_{ij}$  es la medida de la preferencia del criterio de la fila i cuando se compara con el criterio de la columna j. Cuando  $i=j$ , el valor de  $A_{ij}$  será igual a 1, pues se está comparando el criterio consigo mismo.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \text{ se cumple que:}$$

$$a_{ij} \cdot a_{ji} = 1: A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Figura. 6 Matriz de comparaciones pareadas.

Fuente: La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente 2016.

En la matriz A todos los elementos son positivos y verifican las siguientes propiedades:

- **Reciprocidad:** si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que:  $a_{ij}=1/a_{ji}$ , para todas  $i, j=1, 2, \dots, n$
- **Consistencia:**  $a_{ij}=a_{ik}/a_{jk}$  para todas  $i, j, k=1, 2, \dots, n$  A cada celda de la matriz le corresponderá uno de los valores de la escala de Saaty.

Las comparaciones ubicadas al lado izquierdo de la diagonal formada por el valor 1 tienen una intensidad de preferencia inversa a las ubicadas al lado derecho de la diagonal. Por otro lado, las prioridades se ubican en la parte derecha de la matriz y son calculadas por el software para el usuario, incorporando el elemento recíproco en la celda de la matriz que corresponda.[69]

Una vez que se obtiene la matriz de comparaciones pareadas, es posible hacer una síntesis de las prioridades deducidas de cada faceta del estudio, con el interés de obtener prioridades generales y una ordenación de las alternativas. Para tal fin, el AHP permite combinar todos los juicios o las opiniones, de modo que las alternativas quedan organizadas de la mejor a la peor.[70][71]

## 2.2. Revisión literaria.

En esta sección se presenta diversas publicaciones relacionadas con la localización de centros logísticos Humanitarios. La revisión se hizo tanto en artículos como trabajos de investigación desde el año 2009 hasta el año 2019.

Medina, Romero y Pérez en el 2009 en su artículo relacionado con la localización de una planta industrial, hacen una revisión crítica y adecuación de los criterios empleados en esta decisión. Cuyo objetivo fue centrar el análisis en las diferentes características de acuerdo al proceso y a los productos involucrados (química fina, medicamentos, etc.). Con estas premisas planteadas se aplica el procedimiento usual (niveles macro y micro), es decir para el caso de ubicación de una planta, la metodología de descomposición propone una exploración macro primero, y micro a continuación de este último, desde un punto de vista geográfico y territorial, fundamentalmente por tal razón para el nivel micro, utilizan las técnicas AHP que permiten tomar una decisión con una base razonable, comparando los parámetros elegidos para evaluar la localización definitiva.

Por lo tanto esta investigación aporta un nuevo enfoque para el proceso secuencial de toma de decisión en la localización de plantas industriales, al proponer un análisis dependiente del tipo de industria que se considera, además este proceder conduce a una metodología más globalizadora que las anteriores, al contemplar sin inconvenientes el procedimiento usual para las grandes empresas[72].

De igual forma Barragán y Cucaita en el 2010 realizan una investigación enfocada hacia la localización para una empresa fabricante de herramientas, la cual tenía como finalidad realizar el diseño y distribución de instalaciones industriales en la empresa "INDUSTRIA AJM LTDA", de manera que se reorganicen los centros de trabajo para integrar el área de carpintería, ornamentación y vidrio en una locación, cabe anotar que estas áreas actualmente están ubicadas en diferentes lugares de la ciudad de Bogotá, Para tener un ambiente de la posible localización geográfica de la nueva planta, se realizó un cuestionario en el cual se identificaron las primordiales problemáticas actuales, menesteres a cubrir y requerimientos deseables para la empresa, mediante el estudio de Macro localización, el propósito principal de este estudio, el cual implica ofrendar a la empresa las mejores alternativas para la nueva localización de sus instalaciones, se cumple totalmente, visto que todo lo que en este trabajo está hecho, se hizo conforme a los requerimientos, necesidades y panoramas que la empresa u organización deseaba. [73]

En el 2012 Gianluigi De Mare, Pierluigi Morano y Antonio Nesticò, postulan un análisis espacial multicriterio para el Localización de estructuras productivas. Utilizando un Proceso Analítico jerárquico y geográfico para Sistemas de información en caso de expansión una zona industrial, La metodología implica el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la técnica de mapeo superpuesto, que superpone las diferentes capas de información de un territorio para obtener una

visión general de los parámetros que lo caracterizan. En esta primera fase se utiliza para detectar posibles superficies de asentamiento de una nueva aglomeración, posteriormente seleccionada a través del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), para elegir la mejor alternativa. Por lo cual el resultado de este método asegura la síntesis de un perfil multidimensional que expresa tanto los efectos cuantitativos como cualitativos. A cada criterio se le puede dar un peso diferente. En particular, el uso combinado de SIG y AHP define un Protocolo de evaluación que puede considerarse útil como decisión. sistema de apoyo debido a que crea asociaciones de consecuencia entre los criterios, las limitaciones y las opciones de ubicación de acuerdo con procedimientos matemáticos computarizados.[70]

Dentro de este contexto Velásquez, Colorado y Lozada en el 2013 plantean dentro de su investigación la localización de depósitos internos para residuos sólidos utilizando técnicas multicriterio. Por lo tanto, el objetivo fue proyectar una metodología de clasificación de depósitos internos, basándose en técnicas multicriterio (Analytic Hierarchy Process, AHP, y Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS).

Por lo cual el procedimiento de decisión multicriterio incluye determinar las alternativas posibles y escoger la mejor, para lograrlo se aplicó TOPSIS, un método con el que se afronta la indecisión de trabajar con el ideal y el anti ideal. Lo que indica que la utilización de la combinación de estos dos métodos para cronometrar la mejor localización posible de un asentamiento que presta el servicio de almacenaje temporal en un núcleo de salud de la empresa social del Estado Red de Salud de Santiago de Cali, Colombia. [74]

Siguiendo la misma línea en 2014 Rebeca Mori, Karen Ramos y Melissa Rivas realizaron la Optimización y Localización de almacenes de abastecimiento para la atención de un terremoto de gran magnitud en lima metropolitana y callao, dentro de cual Plantean una previsión de los niveles de demanda; esta es una cifra de entrada indispensable para la planeación y observación de las dinámicas de la gestión de la cadena de suministro, ya que los niveles de exigencia afectan los niveles de capacidad, las necesidades financieras y la configuración de la organización consiguiendo así abastecer a toda la población afectada por una emergencia. De igual forma se aplicaron cuatro escenarios distintos para cada criterio según lo establecido por el método AHP. El parámetro alterado fue el número máximo de almacenes. Estimando la sensibilidad del modelo a este parámetro, de modo que ayude a definir, en qué casos, la mejoría sobre el rendimiento contrabalancea el costo incremental generado por la construcción y aprovisionamiento de más almacenes.

Con el desarrollo de este proyecto se logra afirmar que con el modelo propuesto se podría aprovisionar al 100% de esta población. De igual forma, el tiempo de contestación traducida en la distancia total recorrida se reduciría de 19,762 a 642 kilómetros. [75].

Mauricio Vásquez en el 2014 plantea el desarrollado en el que explora y espera poder hacer aportes al diseño y sugerencias de mejora de la cadena logística de suministro en respuesta a emergencias o incidentes y apoyo humanitario con base al conocimiento de diferentes actores expertos internacionales y locales, hallaremos cómo ha abordarlo en diferentes circunstancias de catástrofes o desastres, esto se debe hacer desde el plan de la logística. La argumentación expuesta permite realizar un análisis objetivo y revelar actual el estado actual de cómo ha venido siendo manejado, cómo las organizaciones definen el estado actual de los procedimientos y acuerdos para hacer que la cadena de suministro sea exitosa y mejorar el desempeño en términos de tiempo, eficiencia, efectividad e implementación de Centros de acopio o reserva, cuestiones de envío, acuerdos y contratos. El objetivo primordial de la logística integral es realizar mejoras dentro de cualquier tipo de organización, de manera que la cadena de suministro se pueda configurar de acuerdo al nivel de competencia y dar respuesta a diferentes tipos de usuarios o clientes, ciudadanos, equipos de respuesta; la logística empresarial o comercial es un gran parámetro para así integrarnos adecuadamente a un mundo apasionante, que actualmente se encuentra en las primeras etapas de implementación y mejora en nuestro país. La logística humanitaria intenta dar respuesta a las personas afectadas ante eventos catastróficos, que primeramente deben llegar para atender sus necesidades básicas o mayores, vivienda, alimentación, atención prehospitalaria, medicinas, etc. El equipo, las herramientas y los accesorios que posee el equipo de respuesta pueden salvar vidas y restaurar el área afectada en menor medida [76].

Por otro lado, Rodrigo Gómez en el 2015 implementó el método AHP utilizado para mejorar la capacidad de recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos. Este artículo tiene como objetivo hacer del método de análisis de decisiones Analytic Hierarchy Process (AHP) como una herramienta de mejora cuantitativa recibida por el centro de distribución (CEDI). El método utilizado se fundamenta en el análisis de información científica, ajustes matemáticos de un modelo AHP y gestión de procesos para apoyar la toma de decisiones de recibir mejoras de la recepción. Finalmente, se propuso un caso de aplicación en una empresa alimentaria. Como resultado, se obtuvo un modelo que puede acortar el tiempo de recepción en un 25% y ayudar a asegurar que los productos entregados por los proveedores de la empresa cumplan con las condiciones acordadas, lo que puede mejorar el efecto de recepción y tener valor de aplicación práctica [77].

Por otra parte, Nemat Hamidy, Hamid Alipur y Seyede Negar en el 2016, utilizando los estudios de caso del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y el Sistema de Información Geográfica (GIS), formularon la evaluación espacial de áreas apropiadas para recolectar la escorrentía, estudio de caso: la cuenca de captación "Kasef" en Bardaskan. El proyecto de investigación tiene como objetivo identificar lugares adecuados para recolectar la escorrentía es un paso importante para maximizar la eficiencia del uso del agua y optimizar el uso de las tierras agrícolas en las regiones semiáridas. Empleando el proceso de Jerarquía Analítica (AHP)

fundamentado en los formularios del cuestionario y el software de elección del experto 11 y se calcula la trascendencia relativa de cada uno de los criterios principales y sus clases. Los resultados logrados por este método evidencian una representación espacial del área de generación de escorrentía y los lugares adecuados dentro de la cuenca. En este estudio, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), se ha realizado la evaluación espacial de áreas adecuadas para la recolección de escorrentía en la cuenca de captación “ Kasef ’y criterios de potencial de escorrentía [78].

Mientras que Fernando Valencia en el 2017 formuló una propuesta de un modelo de gestión logística humanitaria de la Armada y la Infantería de Marina de Colombia: Caso Inundaciones en el departamento de Bolívar. El propósito del trabajo de grado es concretar cuál es el modelo de gestión logística humanitaria cada vez más sofisticado y adecuado para el organismo de Infantería de Marina de la Armada Nacional de Colombia en el marco del monitoreo de inundaciones del departamento de Bolívar, en el cual se utiliza un método de Indagación de tipo mixta. Se contó con un componente de incisión cualitativo en lo que respecta al progreso del trabajo de campo; entrevistadores de campo familiarizados con el problema, y de igual manera, el uso de herramientas que posibilitan la aproximación a la realidad del fenómeno en estudio. Se ha puesto en práctica la capacidad de la Infantería de Marina para realizar estas actividades en el sector, para ello se tuvo en cuenta que la Armada Nacional participa en las siguientes actividades: transporte masivo de suministros de ayuda humanitaria por mar y ríos interiores; búsqueda y rescate marítimo; tránsito humanitario terrestre; buceo y salvamento marítimo y fluvial. Como resultado se obtiene el modelo desarrollado a través del cual se pueden obtener los beneficios de los bienes y capacidades que posee la Infantería de Marina, así también la definición de aquellos que son necesarios. Esto dio lugar a la caracterización y definición de elementos importantes como los procesos del modelo de gestión humanitaria, los objetivos estratégicos, los indicadores de desempeño, estudios de vulnerabilidad institucional, unidades responsables, entre otros [28].

Y finalmente Julieta Córdoba y Walter Ordoñez en el 2019 formularon el diseño y ubicación de centros logísticos humanitarios (CLH) que enfatiza en las emergencias de origen natural en el departamento del Cauca. Como propósito central plantearon el diseño y localización de centros de logística humanitaria (CLH) en el departamento del Cauca, el cual logre advertir y asistir los diversos eventos de emergencia que impactan de forma negativa y dejan a la población caucana en un estado de vulnerabilidad, acortando así el tiempo de servicio y en consecuencia la disminución de pérdidas humanas. Así que, para dar solución a cada uno de los objetivos, primero debemos analizar y clasificar los datos recopilados en la Oficina de Consultoría en Gestión de Riesgos (OARGD), y obtener de ella información importante para formular y desarrollar otros objetivos.

Con la ayuda de la información reunida se define la estructura organizacional que posibilita el diseño de los Centros de Logística Humanitaria (CLH). Para ello fue imprescindible el uso de herramientas de previsión o pronósticos de Excel que permitan determinar las capacidades requeridas y así poder atender la demanda ocasionada por las necesidades de la población una vez se producen o se presentan las emergencias. Se utiliza el método heurístico de Ardalan, el cual satisface el orden de las magnitudes de área de cobertura y población y de esta forma determinar los puntos de ubicación en el departamento del Cauca.

Por lo tanto, se ha propuesto un plan de diseño y cinco puntos clave en el departamento del Cauca, donde se puede establecer los centros logístico humanitarios [79].

### 2.3. Marco Legal.

En la Tabla 5, se consideran algunas normas vigentes en el transporte terrestre de carga en Colombia.

Tabla 3 normativa que regula la atención a desastres naturales en Colombia.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Año</b>	<b>Emitido</b>
<b>Ley No. 46</b>	Por la cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres donde se establecen los aspectos a tener en cuenta del Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, donde se evidencia la necesidad de un Sistema Integrado de Información, la participación de entidades y organismos públicos y privados, y la aplicación del Plan Nacional en las actividades de planeación regional, departamental y municipal[80].	1988	UNGRD
<b>Decreto No. 919</b>	El Sistema Integrado de Información y de la necesidad de que realice análisis de vulnerabilidad. Dentro de las funciones de la Oficina Nacional de Prevención y Atención de Desastres establece la definición de condiciones mínimas de protección, criterios para diagnóstico y prevención de riesgos, para los mecanismos de información de desastres y calamidades[81].	1989	UNGRD
<b>Ley 99</b>	Se plantea en el numeral 9 del artículo 1, que: “La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento”[81].	1993	UNGRD
<b>Ley 1523</b>	La gestión del riesgo de desastres, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible[81].	2012	UNGRD

Fuente: adaptado de: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo 2019[81].

## **Capítulo 3**

### **3. Metodología**

Este capítulo presenta el método y la forma en que se orientó el proyecto para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación. Dentro de este contexto se presenta los elementos del diseño metodológico correspondiente al tipo y método de investigación, instrumentos de recolección de datos y procesamiento de la información.

#### **3.1. Tipo De Investigación**

Para el desarrollo de este proyecto se parte del tipo de investigación exploratoria la cual consiste en un primer acercamiento la cual permita que la investigación pueda dirigirse a un análisis de logística encaminado hacia la localización de un centro logístico Humanitario en el municipio de Popayán[82] ; de igual forma se utiliza una investigación de carácter descriptivo con el objetivo de identificar el problema y las causas que se presentan dentro del mismo; este tipo de investigaciones soporta técnicas clásicas y principales relacionadas con la revisión bibliográfica, la observación y la encuesta.

#### **3.2. Instrumento de recolección de datos**

Para este componente se llevó a cabo un trabajo de campo, el cual tuvo como primer lugar el diseño de un modelo de encuesta (Ver anexo 1) en la cual se plantea de forma matricial las diferentes alternativas conjunto que posteriormente los actores involucrados dentro del proyecto proceden a diligencia, lo cual permitirá obtener información sobre la vulnerabilidad de las comunas del municipio de Popayán.

#### **3.3. Procesamiento de Datos**

Para el procesamiento de datos utilizamos comparaciones matriciales que permiten planificar, identificar, priorizar y determinar posibles resultados y conclusiones. Mediante la utilización de la herramienta Microsoft Excel.

### **3.4. Proceso metodológico**

Para llevar a cabo la investigación se planteó cuatro fases que orientan la investigación. Este procedimiento se puede evidenciar en la Tabla 4, correspondiente a la matriz de marco lógico.

Por tal razón para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en este estudio a continuación se describe cada fase.

#### **Fase 1.**

Se parte Identificando los grupos de interés, que generen impacto en el proyecto enfocado hacia el ámbito de logística humanitaria; para lo cual se utiliza una revisión bibliográfica en fuentes primarias y secundarias, consultando bases de datos, libros, que traten el tema investigado, además de identificar y seleccionar los grupos de interés, para posteriormente contar con su colaboración; cuyo fin será determinar las opciones de ubicación estratégica del CLH.

#### **Fase 2.**

Se priorizan las diferentes alternativas de localización de las áreas del municipio de Popayán donde se podría ubicar el Centro Logístico Humanitario, para lo cual se realizan entrevistas tipo encuestas, que permiten tener un primer acercamiento hacia los actores logísticos, determinando así las comunas más vulnerables ante algún caso de desastre natural, con la implementación de la metodología AHP.

#### **Fase 3.**

En esta fase se evalúa con los grupos de interés el lugar de localización del Centro Logístico Humanitario (CLH), determinados mediante al análisis multicriterio de la metodología implementada; se realiza una contextualización con diferentes actores que están inmersos dentro la logística humanitaria, como lo son: Los bomberos de Popayán, universidades aliadas, el ejército de Popayán, y la Unidad Nacional Para La Gestión De Riesgos y Desastres (UNGRD), cuyo fin es validar la información obtenida sobre la localización del (CLH)

#### **Fase 4.**

Como última instancia se sugiere la capacidad que deberá tener el Centro Logístico Humanitario en el municipio de Popayán, de acuerdo a la densidad poblacional.

Por tal razón en esta fase se utilizará la densidad poblacional recolectada por la metodología implementada, la cual sugiere la comuna donde se ubicará el centro logístico humanitario, lo que permitirá evaluar la capacidad mínima de abastecimiento de kits que tendrá el CLH.

A continuación, se describe la metodología expuesta anteriormente mediante una matriz de marco lógico:

**Tabla 4.** Matriz de marco lógico.

	<b>Resumen narrativo</b>	<b>Nombre de indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos</b>
<b>Fin</b>	Mejorar la atención ante una emergencia ocurrida por un desastre natural en el municipio de Popayán.	Número de personas damnificadas/Número de personas atendidas	Estadísticas, comparando resultados históricos con los actuales, además de relacionar la localización del centro logístico de Popayán con los del resto del país.	Definir la ubicación del Centro Logístico Humanitario (CLH) correctamente.
<b>Propósito</b>	Definir la localización estratégica de un Centro Logístico Humanitario (CLH) ubicado en el municipio de Popayán, para la atención de emergencias ante la ocurrencia de desastres naturales en el departamento del Cauca, utilizando la metodología AHP como herramienta estratégica de ubicación	Numero de ponderaciones/total de ponderaciones	Calificación que da cada entidad pública y privada adscrita al proyecto.	La Metodología empleada sirva como estrategia para la ubicación del CLH.
<b>Componentes</b>	Identificar los grupos de interés, que generen impacto en el ámbito de logística humanitaria.	Número de grupos de interés/Número de personas involucradas en el proyecto	Formatos diligenciados en las visitas realizadas	Identificar los grupos de interés apropiados para localización del CLH

	Resumen narrativo	Nombre de indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<b>Componentes</b>	Diagnosticar mediante la metodología de AHP (Analytic Hierarchy Process) las zonas de alto riesgo ante un posible desastre natural.	Número de alternativas/Total de alternativas priorizadas	Cronograma jerárquico de la metodología AHP	Lograr determinar las alternativas de localización y conseguir determinar el número de criterios y sub criterios establecidos por la implementación con la metodología AHP
		Número de criterios/Total de criterios.		
		Número de sub criterios/Total de sub criterios		
	Evaluar con los grupos de interés el lugar de localización del Centro Logístico Humanitario (CLH), determinados mediante el análisis multicriterio de la metodología implementada	Porcentaje de aceptación de la propuesta, de parte de los grupos de interés.	Formatos diligenciados, durante reuniones acordadas con los actores logísticos.	Obtener la localización del CLH apropiada en el departamento del Cauca.
Sugerir la capacidad de un Centro Logístico Humanitario, basado en la densidad poblacional, para la atención y respuesta ante un caso de desastre natural	Porcentaje de aceptación de la propuesta	Evidencia documenta en software.	Obtener la Simulación de la posible capacidad del CLH en el municipio de Popayán	
<b>Actividades</b>	Revisión literaria y contextualización de la problemática de logística humanitaria	Numero de estados del arte revisados/ total del estado del estado del arte.	Referentes teóricos.	Lograr determinar del punto le localización por medio de la metodología AHP difuso.

	<b>Resumen narrativo</b>	<b>Nombre de indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos</b>
	Recolección de información de fuentes primarias y secundarias	Numero de estados del arte revisados/ total del estado del estado del arte	Revisión literaria, base de datos, libros	Lograr determinar del punto le localización por medio de la metodología AHP difuso
	Realizar encuestas a las entidades identificadas para el proyecto.	Número de encuestas realizadas	Evidencia digital	Lograr determinar del punto le localización por medio de la metodología AHP difuso.
	Revisar los resultados arrojados por las encuestas	Resultados de las encuestas/ total de resultados	Evidencia digital	
	Determinar las alternativas de localización del centro logístico humanitario.	Número de alternativas priorizadas/ total de alternativas	Evidencia digital	
	Determinar criterios	Numero de criterios identificados	Evidencia documentada mediante software	
	Determinar sub criterios	Número de sub criterios priorizados	Evidencia documentada mediante software	
	Analizar los resultados obtenidos, con la metodología AHP	Numero de las alternativas escogidas.	Evidencia documentada mediante software	
	Socialización de los resultados obtenidos, con los grupos de interés identificados para el proyecto.	Porcentaje de validación de los resultados obtenidos	listados de asistencia	

	<b>Resumen narrativo</b>	<b>Nombre de indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos</b>
Actividades	Revisar los criterios evaluados por la matriz AHP	Número de criterios evaluados/ Total de criterios	Evidencia documentada mediante software	Lograr determinar la Posible Capacidad del centro logístico humanitario en Popayán.
	Examinar el criterio de densidad poblacional	Porcentaje de importancia del criterio de densidad poblacional/ Porcentaje total de criterios	Evidencia documentada	
	Analizar la información obtenida	Número de población beneficiada/ Total de la población afectada	Evidencia documentada	
	Implementar resultados obtenidos en una herramienta de simulación	Porcentaje de aceptación de la posible capacidad del CLH.	Evidencia documentada mediante software	

Fuente: elaboración propia.

## Capítulo 4

### 4. Desarrollo de la investigación.

En el presente capítulo se enmarca la relevancia que tiene la logística humanitaria en el departamento del Cauca y en el municipio de Popayán además los factores y escenarios de riesgos que afectan al municipio.

#### 4.1. Logística humanitaria en el departamento del Cauca y municipio de Popayán.

Dentro de este contexto se describen los organismos que han sido instituidos por el Gobierno Colombiano, para fortalecer y originar visibilidad referente a la gestión del riesgo de desastres dirigidos a prevenir la generación de nuevos riesgos y vulnerabilidades en la sociedad, y de este modo proporcionar una óptima respuesta con el objetivo de disminuir el sufrimiento humano, proteger la vida de la población, las pérdidas personales y materiales tanto privadas como públicas. [83]

De igual forma en las últimas décadas, el departamento del Cauca se ha visto gravemente afectado por impactos de desastres naturales, lo que refleja un número alarmante de destrucción, pérdida de vidas, víctimas y pérdidas económicas; lo que provocó el retraso del desarrollo económico, social y cultural; y debilitó la calidad de vida de los residentes. [84].

##### 4.1.1. Entes encargados de la implementación política nacional de gestión del riesgo a nivel departamental.

Se debe conformar y organizar, según la ley 1523 de 2012, el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo-CDGRD-, y los comités departamentales de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres para el Cauca[85].

- Decreto 0255 de agosto de 2012. Por el cual se conforma y organiza el Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres y se crean los comités departamentales y se dictan otras disposiciones.
- Ordenanza 044 del 6 de agosto de 2012. Por medio del cual se crea el Fondo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres del Departamento del Cauca.

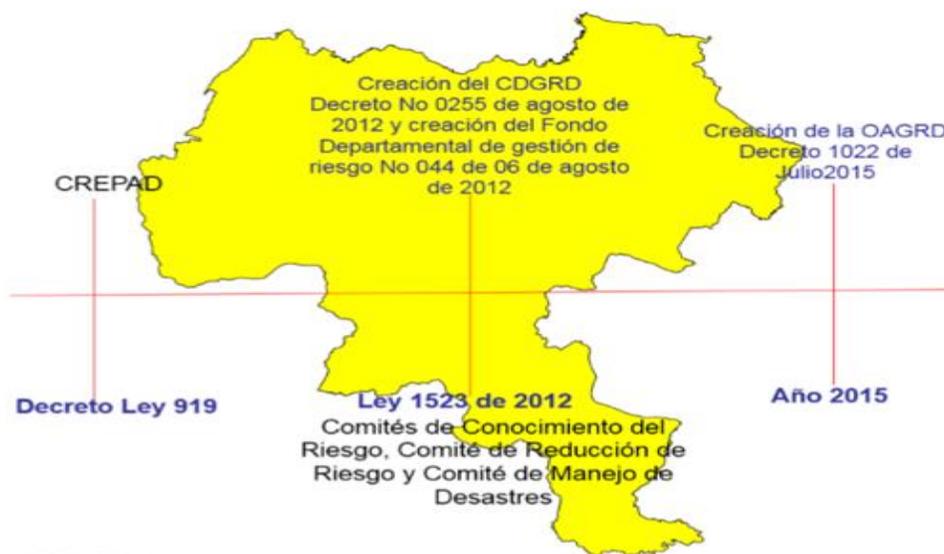


Figura 7. Línea de Tiempo CDGRD<sup>5</sup>-Cauca  
 Fuente: Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastre -PDGRD<sup>6</sup>, (2019) [85].

#### 4.1.2. Instancias de Coordinación Territorial

Dentro de este contexto se establecen los Consejos Territoriales de Gestión del Riesgo de Desastres, como instancias de regulación, asesoría, planificación y seguimiento, destinados a avalar la efectividad y articulación de los procesos de conocimiento del riesgo, de reducción del riesgo y de manejo de desastres en la entidad territorial correspondiente[86]. (Artículo 27-Ley 1523 de 2012). Los consejos territoriales están coordinados por el gobernador o alcalde de la respectiva jurisdicción, estos integrarán a los funcionarios de la gobernación o alcaldía y de las entidades descentralizadas del orden departamental, distrital o municipal, así como a representantes del sector privado y sindical. (Artículo 28 Ley 1523 de 2012). En el marco de la ley 1523 de 2012, el departamento del Cauca expidió el decreto 255 del 2 de agosto de 2012 por el cual se conforma y organiza el Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres y se crean los comités departamentales[87].

<sup>5</sup>El Consejo Nacional para la Gestión del Riesgos es la instancia superior encargada de orientar a todo el Sistema Nacional encabezado por el presidente de la República, y a su seguir, los ministros, el Departamento Nacional de Planeación y el director de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

<sup>6</sup>El Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastre permite identificar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del Sistema, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, como componente del ordenamiento territorial

#### **4.1.3. Dirección y composición CDGRD Departamento del Cauca.**

Según el artículo segundo del decreto de conformación del, **CDGRD**<sup>7</sup>, las instancias de coordinación del departamento están en concordancia en lo dispuesto en el Artículo 15 de la Ley 1523.

1. Consejo Departamental de Gestión de Riesgo.
2. Oficina de Gestión de Riesgo.
3. Comité Departamental para el Conocimiento del Riesgo.
4. Comité Departamental para la Reducción del Riesgo.
5. Comité Departamental para el Manejo de Desastres.

#### **4.1.4. Oficina Asesora de Gestión de Riesgo de Desastres Departamental-OAGRD del departamento del Cauca.**

Tiene como objetivo el de asesorar y mantener la coordinación e interacción de las personas, entidades, organizaciones y grupos de socorro, en la identificación, análisis, evaluación y monitoreo de las condiciones de riesgo de origen natural y humano no intencional, unificando esfuerzos en beneficio de la implementación de los procesos de gestión del riesgo en el municipio, en cumplimiento de la política nacional de gestión del riesgo y de desarrollo sostenible, procurando el manejo efectivo de las situaciones de emergencia para minimizar los efectos negativos sobre la población. [88]

---

<sup>7</sup> Coordinación Departamental para la gestión de Riesgo de Desastre permite identificar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del Sistema, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, como componente del ordenamiento territorial



Figura 8. Organigrama de Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres OAGRD.  
Fuente: Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastre -PDGRD, (2019)[85]

#### 4.1.4.1. Sistemas Logísticos de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres-UNGRD

El Departamento del Cauca cuenta con la Oficina Asesora de Gestión de Riesgo de Desastres (OAGRD), la cual viene desarrollando acciones estratégicas para tomar acciones en situaciones que implican oportuna y requieren intervención en situaciones de emergencia. De acuerdo con la declaración pública de desastre del gobierno municipal y / o departamento afectado, se debe prestar atención al departamento dentro de las primeras 72 horas y se debe desarrollar un plan de acción de recuperación específico, conforme a la declaración pública de desastre del gobierno y / o departamento municipal afectado, es importante aplicar un sistema logístico que pueda gestionar la asistencia humanitaria de emergencia (AHE) y optimizar los recursos para mejorar el tiempo de respuesta del departamento nacional de gestión del riesgo de desastres (UNGRD) en el rol de gestor de emergencias en el territorio nacional se enfoca principalmente en el proceso logístico y elaboración de medidas de respuesta en las operaciones[89].

En la figura 9 se representa el Sistema Logístico de la UNGRD, el cual operará mediante la integración de elementos, equipos, herramientas, procedimientos, redes y talento humano y se compone de la siguiente manera:

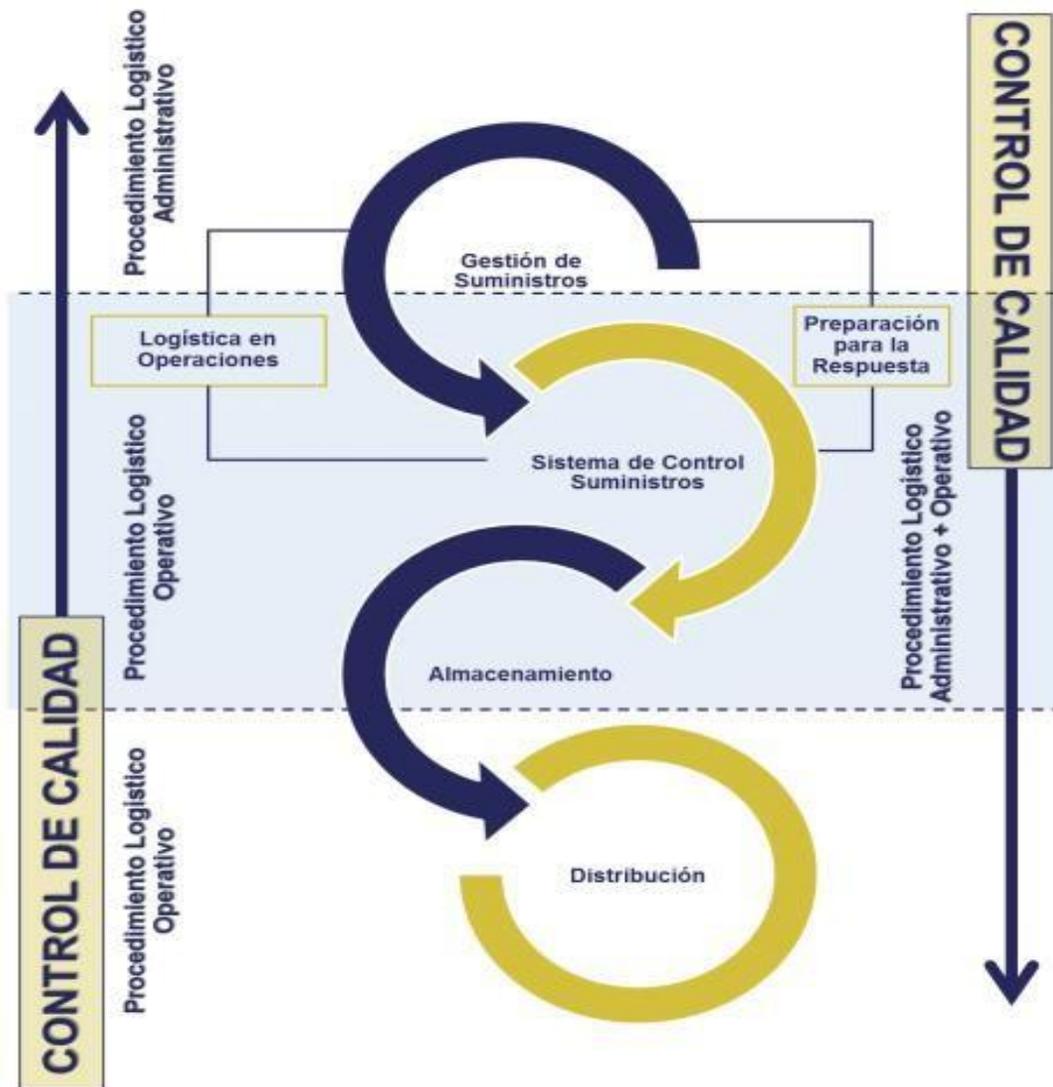


Figura 9. Sistema logístico UNGRD

Fuente: Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastre -PDGRD, (2019)[90].

Por lo tanto, se requiere una logística adecuada para que la respuesta a un evento en un momento dado se pueda aplicar de manera planificada y controlada, en la figura 10 se muestra el diagrama de flujo de respuesta de UNGRD ante una emergencia[91].

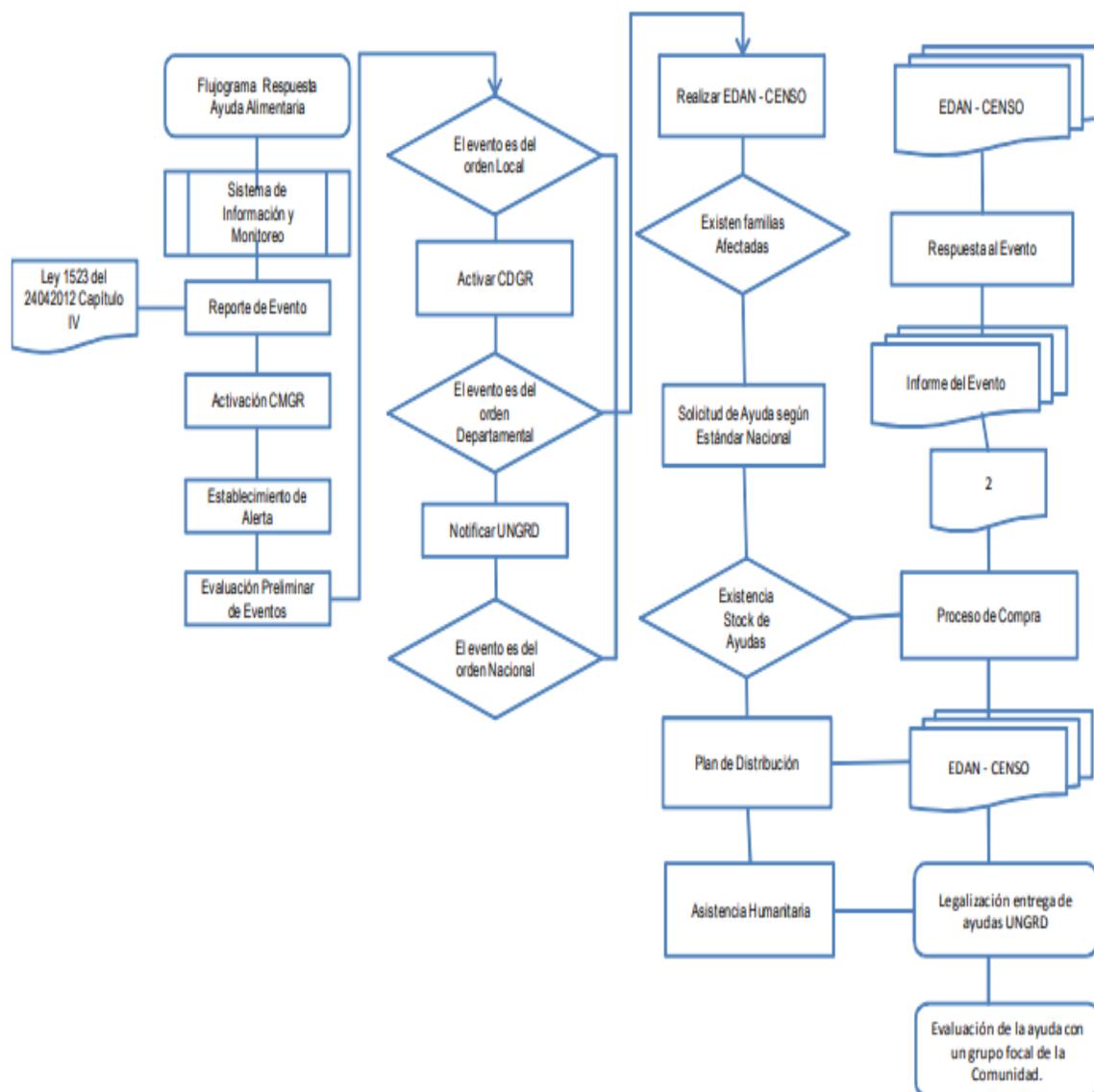


Figura 10. Flujograma de respuesta ante una emergencia UNGRD  
 Fuente: Estandarización de ayuda humanitaria en Colombia (UNGRD) (2019)[91].

#### **4.1.5. Actuación del comité local de Popayán en las fases de una emergencia**

##### **4.1.5.1. Organización comité local de emergencias**

El Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres del Municipio de Popayán mediante el Decreto 112 de 1999 establece su composición de la siguiente forma (ver figura 11) [92];

1. El Alcalde de Popayán quien lo presidirá.
2. El Secretario de Planeación Municipal, quien actuará como secretario del Comité.
3. El Secretario de Salud Municipal.
4. El Secretario de Educación Municipal.
5. El Secretario de Infraestructura y Mantenimiento Vial del Municipio de Popayán.
6. El Gerente del Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Popayán.
7. El Comandante de la Policía Nacional División Cauca.
8. El Comandante del Batallón José Hilario López.
9. El Director del Hospital Universitario San José.
10. El Director de INGEOMINAS Regional Cauca.
11. El Director Ejecutivo de la Cruz Roja Seccional Cauca.
12. El Director de la Defensa Civil Seccional Cauca.
13. El Director de la Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC.
14. El Coordinador de la Oficina de Prevención y Atención de Desastres del Municipio.
15. El Comandante del Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Municipio de Popayán.
16. El Delegado de la Oficina Regional para la Prevención y Atención de Desastres.
17. El Director del Servicio de Salud del Cauca.



Figura 11. Organización del Comité Local para la prevención y atención de emergencias del Municipio de Popayán.

Fuente: Plan de emergencia municipio de Popayán, (2019) [92].

#### 4.1.5.2. La red de ayuda humanitaria en el municipio de Popayán.

La logística de la cadena de valor humanitaria se divide en tres etapas importantes: preparación, respuesta y recuperación.

**Antes:** (Prevención, Mitigación, Preparación, Alerta)

**Durante:** (Impacto – Respuesta)

**Después:** (Rehabilitación – Reconstrucción)

##### 4.1.5.2.1. Fase del antes:

La fase de mitigación consta de una serie de operaciones básicas, como evaluación de factores de vulnerabilidad y riesgo, planificación y configuración de la cadena de suministro humanitario, pre-ubicación de almacenes o centros de distribución, y materiales relacionados con el rescate de emergencia; recomendada a nivel mundial para disminuir el tiempo de entrega de las ayudas, y realizar la distribución oportuna de suministros en otras fases del ciclo humanitario[93].

## **1. Defensa civil**

Capacita y actúa como multiplicador en personal de prevención y atención de desastres, primeros auxilios, rescate y búsqueda. Brinda capacitación en planes de evacuación, sistemas de alarma y sistemas de comunicación para comunidades que viven en áreas peligrosas. Con la cooperación de la Cruz Roja y la Fundación Municipal de Vivienda, apoya las encuestas de hogares en áreas peligrosas. Participar en ejercicios de comités locales de prevención y socorro de desastres. Revise y actualice el plan de emergencia. Se coordina con la Cruz Roja y los coordinadores de emergencias locales para capacitar a los empleados en la gestión de viviendas y entrega de materiales. Instruye a su personal a realizar inspecciones en el área peligrosa[94].

## **2. Alcaldía municipal**

Se llevan a cabo reuniones periódicas de los comités locales. Hace que el comité funcione, administrativamente y operativamente. Establece una red de emergencia local y mantiene en contacto con los miembros del comité. Tramita la adquisición de recursos para apoyar las actividades de los comités locales. Presentar proyectos de mitigación a los comités regionales y a la Administración Nacional de Prevención y Atención de Desastres. Según el proyecto propuesto por el Consejo Municipal, esto permitirá la reubicación de viviendas de alto y medio riesgo, amenazas identificadas según este plan[95].

## **3. Coordinador comité local**

Este es un vínculo permanente entre el alcalde y las entidades miembros del comité. Brindar orientación sobre los estándares establecidos bajo la Ley de Prevención y Atención de Desastres. Proporciona información a la comunidad cuando sea necesario. Promover y coordinar programas de capacitación e información relacionados con la prevención y atención de desastres. Mantener actualizado el directorio y listado de entidades que integran el comité. Mantenga actualizado el mapa de riesgos de la jurisdicción para cada amenaza. Coordinar el plan de reubicación de viviendas de alto riesgo con el fondo municipal de vivienda[96].

## **4. Cruz roja**

Orientar y educar a la comunidad en base a planes para áreas de alto y medio riesgo. Instruye y capacita a su personal en primeros auxilios, búsqueda y rescate. Participa activamente en los ejercicios y otras actividades del comité local para prevenir y responder a desastres. Cooperación con la Defensa Civil y Fondo Municipal Vivienda para realizar censos en áreas de alto y medio riesgo. Mantiene un inventario de suministros[97].

## **5. Cuerpo de bomberos**

Participa activamente en las actividades de los comités locales. Puede mejorar la orientación de su personal en prevención y atención de desastres. Realiza inspecciones periódicas con Defensa Civil y Cruz Roja en áreas de alto riesgo. En coordinación con la empresa municipal, inspecciona el cierre de válvulas de acueducto y sistemas de corte de energía en áreas de alto y medio riesgo. Proyecta planes para entidades públicas y privadas, así como comerciales, industriales, centros educativos y otras organizaciones para la revisión y manejo de componentes de extinción de incendios. Desarrolla campañas de prevención y educación en comunidades desfavorecidas. Realiza simulacros de evacuación de edificios. Asesora a las empresas municipales en el desarrollo de planes de emergencia. Mantenimiento preventivo de equipos en el centro de reserva, así como establecer y capacitar brigadas de emergencia en las empresas municipales[98].

## **6. Policía nacional**

Participar en las reuniones de los comités locales de prevención y atención de desastres. Forma a su personal en actividades de prevención de desastres y primeros auxilios con el apoyo de las entidades de socorro.

## **7. Hospitales Universitario San José, Susana López e Instituto de Seguros Sociales**

Desarrollan brigadas de salud y de emergencias a nivel interno. Organizan campañas para la prevención de epidemias. Ejecutan el plan hospitalario de emergencia. En caso de que suceda una emergencia mantienen las comunicaciones en condiciones óptimas de trabajo. Mantienen actualizado el inventario de sus recursos y su disponibilidad para caso de emergencia. Mantienen actualizado un mapa sobre las rutas de acceso a la ciudad. [99].

## **8. Secretaría de infraestructura y mantenimiento vial**

Participa en las reuniones del comité local de emergencia. Informa periódicamente al coordinador local de emergencia el estado de la maquinaria existente y el personal disponible. Prevé el suministro de combustible para los vehículos que apoyen una situación de emergencia. Realiza limpieza de vías, construcción de obras de ingeniería que permitan la estabilización de laderas. [100].

#### **4.1.5.2.2. Fase del durante:**

La etapa de respuesta está integrada por la búsqueda y rescate de sobrevivientes, así como la movilización y suministro de ayuda humanitaria. Cuando en la etapa de preparación no se implementan las estrategias adecuadas, se genera un impacto negativo en la etapa de respuesta, representado en un mayor desgaste logístico para entregar las medicinas, alimento y albergue, las cuales son fundamentales en las primeras horas de un sistema impactado por un desastre. [101]

##### **1. Alcaldía municipal**

Convoca al comité local de emergencia para analizar la situación presentada. Atiende la dirección de la unidad de puesto de mando unificado que se encuentra en los sitios de impacto. Coordina los apoyos requeridos para atender la emergencia[102]. .

##### **2. Coordinador comité local**

Mantiene permanente comunicación con el centro de operaciones de emergencia instalado en la Alcaldía. Solicita apoyo de transporte a la Secretaría de Infraestructura y Mantenimiento Vial para realizar evacuaciones. Coordina con la Alcaldía el suministro de alimentos para los socorristas que atienden la emergencia[96].

##### **3. Defensa civil**

Participa como coordinador operativo en el PMU<sup>8</sup> y al COE<sup>9</sup>. Coordina la organización en el área de desastres. Con el personal disponible realiza actividades de búsqueda, salvamento y rescate, traslado de heridos al centro de clasificación (TRIAGE). Realiza la elaboración de censos en coordinación con la Cruz Roja. Activa la red local de comunicaciones [103]

##### **4. Cruz roja**

Asiste al PMU y al COE. Presta los primeros auxilios, organiza el TRIAGE para la atención[104] de los pacientes. Colabora para la evacuación de heridos hacia los centros asistenciales. Colabora en las actividades de búsqueda, salvamento y rescate. En coordinación con la Defensa Civil elabora los censos correspondientes

---

<sup>8</sup> El Puesto de Mando Unificado – **PMU** es un lugar físico donde se ejerce la función de mando, el cual se concentra e implementa para coordinar los asuntos operacionales de un determinado incidente o evento

<sup>9</sup> El Comité de Operaciones de Emergencia (**COE**) describe la estructura que el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos tiene para la coordinación de la atención y respuesta en caso de emergencias y desastres.

y acondiciona los lugares para los albergues temporales. Entrega y coordina los suministros, elementos a los damnificados[104].

#### **5. Cuerpo de bomberos**

Activa la alarma. Desplaza máquinas, equipos y unidades al sitio de emergencia. Asiste al PMU y al COE, colabora en la búsqueda, salvamento y rescate. colabora en la evaluación primaria de pacientes (Triage), traslada heridos al M.E.C, actúa primordialmente en el control extinción de incendios, efectos de las explosiones, estado de las estructuras y asegura el área para que puedan intervenir otros organismos de socorro[105].

#### **6. Batallón José Hilario López – policía nacional**

Asiste al PMU y el COE, vela por la seguridad del área afectada, conserva el orden público en el área afectada. Colabora en la evacuación de heridos y víctimas del desastre.

#### **7. Hospitales universitario San José, Susana López e instituto de seguros sociales**

Coordinan acciones con médicos y centros de urgencias. Disponen el traslado de ambulancias al sitio de emergencia. Coordinan la recepción y atención de heridos.

#### **8. Radioaficionados**

Apoyan las actividades de la red local de emergencias en las comunicaciones.

#### **9. Secretaría de Tránsito Municipal**

Coordina con el personal adscrito el cierre de vías aledañas al lugar de impacto. Mantiene el despeje constante de las vías de evacuación hacia los centros asistenciales. [106]

#### **10. Secretaría de infraestructura y mantenimiento vial**

Desplaza equipo de transporte, personal y material al lugar del impacto; para apoyar las acciones de evacuación y remoción de escombros. Suministra combustible a los vehículos que participan en la emergencia, a través de las 16 estaciones ubicadas en la zona centro, norte, sur, occidente y oriente de la ciudad de Popayán o estación propia de la entidad. [100].

#### **4.1.5.2.3. Fase del después:**

La tercera etapa hace referencia a las actividades de recuperación y mejoramiento de las condiciones iniciales de la comunidad antes del desastre, remoción y limpieza de escombros, reconstrucción de la infraestructura, programas de desarrollo y bienestar para la comunidad afectada. Por esta razón como lo refiere José Holguín Veras (2017), la comunidad académica y sus grupos de investigación en todo el mundo están canalizando su potencial investigativo a la generación de soluciones que permitan mejorar los sistemas logísticos de las instituciones humanitarias, intensificando sus esfuerzos para desarrollar e implementar modelos y herramientas de prevención, mitigación y gestión del riesgo.[107]

##### **1. Alcaldía municipal**

Adelanta proyectos de inversión tendientes a la reubicación de familias damnificadas al igual que restablecer el área afectada[102]

##### **2. Defensa Civil**

Colabora con la Cruz Roja en la entrega de apoyos y suministros a los afectados. Colabora en el manejo de albergues y alojamientos temporales[103].

##### **3. Coordinador local de emergencias**

Informa al COE la evaluación de los daños y personal afectado. Gestiona personal y maquinaria a la Secretaría de Infraestructura para hacer la limpieza y arreglo de las vías. Gestiona la consecución de vehículos para la distribución de los apoyos en coordinación con la Defensa Civil y la Cruz Roja [96].

##### **4. Secretaría de infraestructura y mantenimiento vial**

Apoya la operación de limpieza de las vías. Restablece los servicios de alcantarillado y energía en las áreas afectadas. Coordina con el Acueducto de Popayán el restablecimiento del agua potable. [100].

##### **5. Fondo de vivienda municipal**

En coordinación con el comité local y la Alcaldía realizan planes y proyectos para la reubicación de los afectados.

##### **6. Cruz roja**

Hace entrega de los apoyos y suministros a las familias afectadas. Colabora en el manejo de los albergues. Instala puestos de primeros auxilios en cada uno de los albergues[104].

## **7. Cuerpo de bomberos**

Apoya en las labores de limpieza del área afectada. Colabora en el mantenimiento de los albergues. Provisiona de agua potable a la población afectada. Evalúa otros factores de riesgo y actúa. Realiza programas de educación comunitaria [105].

## **8. Batallón José Hilario López – Policía Nacional**

Continúa prestando seguridad al área afectada hasta su restablecimiento.

## **9. Secretaría de tránsito municipal**

Asume la regulación del tránsito en el área afectada.

## **10. Servicio de salud del Cauca**

Realiza los controles para las diferentes epidemias que se puedan presentar.

### **4.1.5.3. Organización y funcionamiento del comité operativo de emergencias (COE)**

El Comité Operativo de Emergencias –(COE)- es un organismo que depende de Comité Directivo de Emergencias integrado por los delegados de las instituciones y organismos públicos y privados que apoyan y colaboran en la atención de emergencias y desastres. Está presidido por el director de la Defensa Civil Seccional Cauca. Tiene que cumplir las funciones tanto en la fase de prevención como en la fase de atención de la emergencia. Organizar el área de emergencia es responsabilidad del COE, conformando el puesto de mando y los grupos de trabajo que sean necesarios. [108].

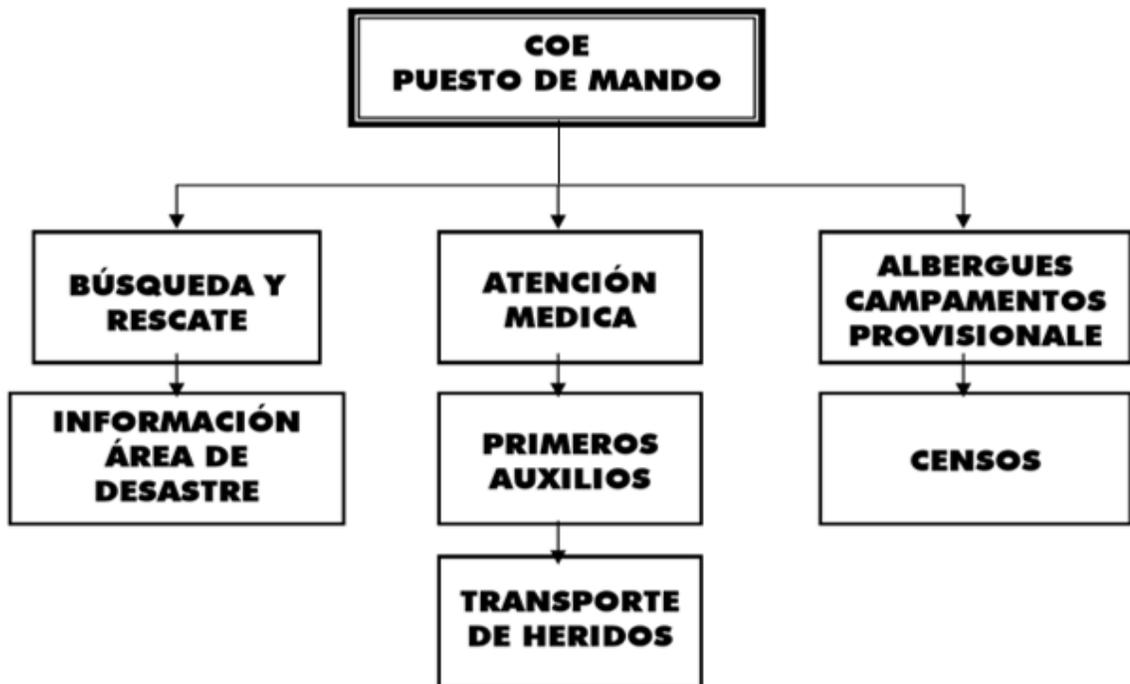


Figura 12. Organización del Comité Operativo de Emergencia  
Fuente: Plan de emergencia municipio de Popayán, (2020) [108].

#### 4.1.5.3.1. Puesto de mando unificado (PMU)

En el lugar del desastre o emergencia el Comité Operativo de Emergencias (COE) establece un puesto de mando unificado coordinado por la Defensa Civil Colombiana; para el caso del municipio de Popayán el principal estará ubicado en el Cuartel de la Policía Departamento Cauca y el alterno en el batallón José Hilario López. En cada zona de impacto se establecen puestos de mando unificados secundarios; teniendo en cuenta las telecomunicaciones, la logística, el talento humano, el transporte aéreo y terrestre estarán ubicados en el aeropuerto Guillermo León Valencia y en el parqueadero del Almacén[109].



Figura 13. Actores Logísticos del puesto de mando unificado  
 Fuente: Plan de emergencia municipio de Popayán, (2020) [109]

#### 4.2. Eventos de Riesgo en el municipio de Popayán.

En esta sección se describe el resultado de la búsqueda documental realizada en las diferentes fuentes documentales como la Unidad nacional para la atención de riesgo y desastres y la alcaldía municipal, considerando los diversos tipos de fenómenos naturales que se presentan en el municipio de Popayán y que se constituirán en la base para la identificación de las zonas que se encuentran en mayor riesgo.

#### 4.2.1. Evento sísmico.

La intensidad sísmica evalúa los efectos producidos, en un lugar determinado, sobre las personas, los edificios y el terreno a partir de escalas macro sísmicas. Desde que surgieron las primeras escalas en el siglo XVIII, hasta en el presente, éstas se han ido perfeccionando. Las más generalizadas son las Mercalli Modificada (MM) en América y la (MSK), propuesta por Medvedev, Sponheuer y Karnik, en Europa. Estas dos escalas, que constan de 12 grados, son, prácticamente, equivalentes[110],[111].

Para evaluar estos eventos sísmicos existen escalas que representan los valores de amenaza sísmica propuestos por la NSR- 10<sup>10</sup> para cada una de las ciudades en el territorio nacional, se tiene que dicho valor, en este caso la aceleración y la velocidad pico efectiva, se define para todo el perímetro municipal, es decir, en los entornos urbano y rural como se muestra en la figura 14.

---

<sup>10</sup> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente: Hace referencia al reglamento colombiano encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.[147]

Ciudad	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Figura 14. Clasificación de amenaza sísmica por ciudades  
Fuente: Adaptado de Estudio General de Amenaza sísmica 2018 [112]

Dentro del proceso de concertación de escenarios de riesgos se evidencia que este tipo de eventos genera impactos a nivel social, económico, político, cultural, ambiental y funcional. [112] así mismo, al comparar el mapa de intensidad local del sismo ocurrido en el año 1983 con el mapa propuesto de amenaza sísmica local, se logra observar que en las zonas en donde se presentaron las más grandes afectaciones, espacialmente corresponden a las definidas con un nivel de amenaza sísmica Alta- Alta como se muestra en la Figura 15.

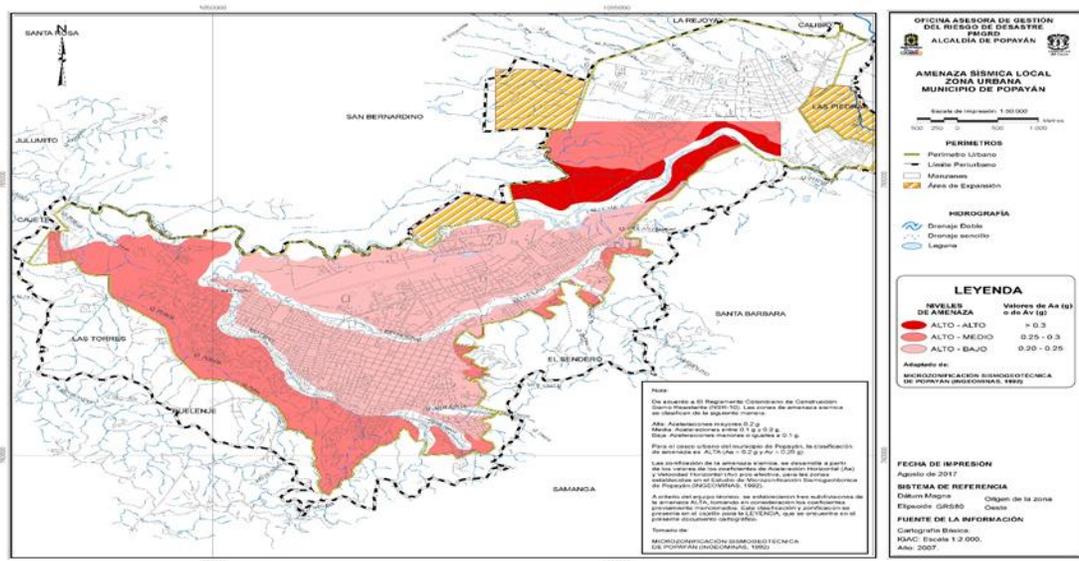


Figura 15. Amenaza sísmica local  
Fuente: Adaptado de: Alcaldía de Popayán 2018 [22]

#### 4.2.2. Eventos De Movimientos En Masa.

Los eventos de movimientos en masa son los desplazamientos de masas de roca, de detritos o de tierra causados por exceso de agua en el terreno y por efecto de la fuerza de gravedad.[113] Realizando revisiones bibliográficas acerca de los movimientos en masa dentro del municipio de Popayán se encontraron alrededor de 215 noticias sobre eventos de movimientos en masa entre el periodo de 1928 y 2017. La figura muestra el número de noticias encontradas para este fenómeno por años.



Figura 16. Noticias sobre movimientos de masa  
Fuente: adaptado de: Modelo geométrico del foco del terremoto de Popayán 2018 [113].

Así mismo en la figura 16 se enseña la distribución de los eventos por movimientos en masa ocurridos en el municipio de Popayán, es así como se tienen los registros de que en el área urbana se presentaron 105 movimientos en masa y en el área rural se presentaron 126 eventos.

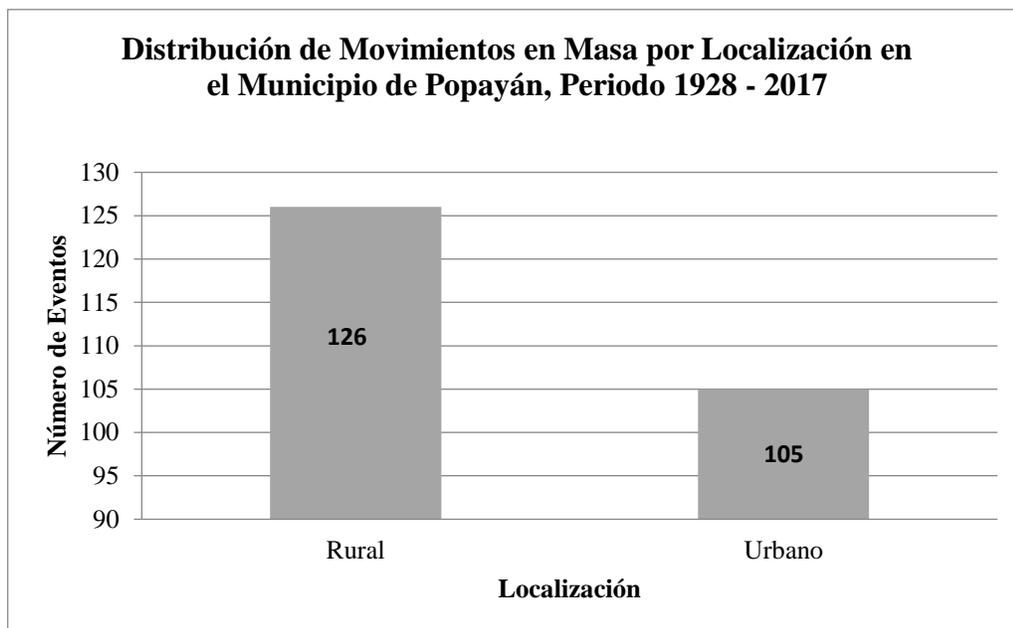


Figura 17. Movimientos en masa por localización  
Fuente: adaptado de: INGEOMINAS, catálogo nacional de movimientos en masa 2019 [114]

#### 4.2.3. Eventos De Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas o regiones que habitualmente se encuentran secas, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que puede drenar el propio cauce del río.[115]

En cuanto lo que corresponde al Municipio de Popayán que en su extensión es recorrido por una serie de corrientes de agua, que en épocas de invierno o con la caída de fuertes precipitaciones aumentan los caudales de sus aguas, anegando algunos sectores de sus llanuras de inundación. Se destacan los ríos Cauca, Hondo, Palacé, Molino, Pisojé, Las Piedras y Gualimbio, por su extensión y caudal [116]. La mayor parte de estos ríos hacen su travesía por cañones estrechos que en algunas zonas se amplían. El riesgo por inundación aparece cuando los pobladores del sector rural se establecen precisamente en estas áreas que corresponden a zonas inundables como se muestra en la tabla 7 y 8, ocasionando pérdidas económicas por los daños en infraestructura, enseres y algunos cultivos, entre otros.[117]

**Tabla 5.** Sectores propensos a inundaciones.

<b>RIO O QUEBRADA</b>	<b>CORREGIMIENTO</b>
Río Cauca	Santa Bárbara, San Bernardino
Río Hondo	Samanga, Figueroa, Puelenje
Río Palacé	La Rejoja, Calibío, Las Mercedes, Los Cerrillos, Santa Rosa
Río Molino	Santa Bárbara, Samanga, El Sendero
Río Pisojé	Santa Bárbara
Río Las Piedras	Quintana, Las Piedras
Quebrada Lame	Las Piedras

Fuente: adaptado de: Zonificación de amenaza por movimientos en masa 2018 [117]

**Tabla 6.** Establecimientos educativos y del sector salud expuestos al fenómeno de inundación en la zona urbana.

<b>TIPO DE EQUIPAMIENTO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>GRADO DE AMENAZA</b>
Educación	Alejandro De Humboldt	Alta
Educación	Alfárez Real	Alta
Educación	Antonio García Paredes	Alta
Educación	César Negret Velasco	Alta
Educación	Colegio Manuela Beltrán	Alta
Educación	Don Bosco Primaria	Alta
Educación	Don Bosco Secundaria	Alta
Educación	Francisco Antonio De Ulloa	Alta
Educación	Francisco De Paula Santander	Alta
Educación	Gabriela Mistral	Alta
Educación	INEM	Alta
Educación	Instituto Técnico Industrial	Alta
Educación	Los Comuneros	Alta
Educación	Niño Jesús De Praga	Alta
Educación	Normal Superior	Alta
Educación	Nuestra Señora Del Carmen Franciscanas	Alta
Educación	República De Suiza	Alta
Educación	UNICAUCA Fac Medicina	Alta
Recreación	Cancha de Fútbol COMFACAUCA	Alta
Recreación	Centro Recreativo COMFACAUCA	Alta
Salud	Centro de Salud Suroriente	Alta
Salud	Clínica La Estancia	Alta
Salud	Clínica Santa Gracia	Alta
Salud	Hospital Susana López De Valencia	Alta
Salud	Hospital Universitario San José	Alta
Segur Ciudadana	Batallón José Hilario López	Alta

TIPO DE EQUIPAMIENTO	NOMBRE	GRADO DE AMENAZA
Segur Ciudadana	CAI Comuna 5	Alta
Segur Ciudadana	Cuartel De Policía	Alta
Segur Ciudadana	Estación De Policía	Alta

Fuente: adaptado de: Zonificación de amenaza por movimientos en masa Popayán 2019 [117]

Dentro de este contexto las inundaciones son parte de un fenómeno natural como respuesta a eventos climáticos de autorregulación del propio ciclo hidrológico.[118] Por otro lado, en una geología inestable como la de la zona andina colombiana, unida a alteraciones antrópicas en las cuencas hidrográficas, se dan muchos procesos de deslizamiento de laderas que originan depósitos de sedimentos que al unirse con altas precipitaciones[119], producen flujos con graves consecuencias en las zonas más bajas de los ríos, en donde habitualmente se concentra la población y la mayor actividad económica, por lo cual en la figura 17 se representa la zonificación de amenaza por inundación de la zona urbana del municipio de Popayán que se realizó en el informe técnico de la dimensión ambiental para el Plan de Ordenamiento Territorial.

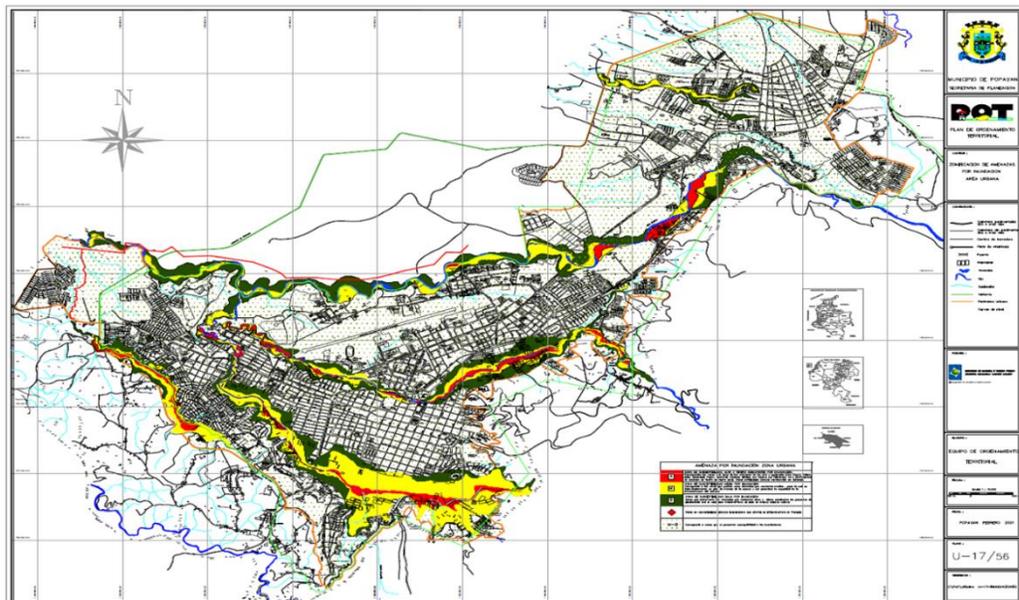


Figura 18. Mapa de amenaza por inundación.

Fuente: adaptado de plan de ordenamiento territorial del municipio de Popayan 2017.

#### 4.2.4. Eventos de avenidas torrenciales

Las características geológicas, geotécnicas, geográficas e hidrológicas del municipio son propicias para la existencia de problemas complejos en materia de inundaciones fluviales y avenidas torrenciales, estos suelen darse por la influencia de los siguientes factores: [120][121].

- Cuencas con gradientes altos y áreas medias, lo que implica rápidos tiempos de concentración y altas velocidades de las corrientes.
- Precipitaciones de gran intensidad, concentradas sobre la cuenca o parte importante de ésta.
- Disponibilidad de material fino granular tipo limos y arcillas que puedan ser puestos en movimiento por la creciente. Las fuentes de estos materiales pueden ser movimientos en masa o focos de erosión existentes, grupos de movimientos en masa generados durante el mismo evento climático, material depositado en las vertientes por procesos constructivos, cortes, explanaciones, llenos y escombreras entre otros.
- Cambios bruscos en el gradiente de la quebrada, lo que facilita la acumulación de los sedimentos transportados desde la cuenca alta o media. En algunos casos, puede darse acumulación de sedimentos por el ensanchamiento abrupto del cauce mayor, lo que generalmente ocurre unido al cambio de gradiente al que ya se hizo referencia.
- Depósito de materiales de origen antrópico, en el cauce del río.

Por las condiciones geomorfológicas, climáticas y de ocupación, existe un alto potencial de avenidas torrenciales que pueden afectar las poblaciones e infraestructura asentadas en las zonas de retiro obligatorio del río Molino, a nivel rural y urbano. La susceptibilidad alta en el área urbana, se presenta en las comunas 8 (Barrio Junín, La Isla, El Triunfo, Pandiguando) comuna 4 (Barrios Cadillal, Modelo, Bolívar) Comuna 3 (barrios La Estancia, Sotará, Yanaconas). A nivel rural, la vereda Santa Bárbara y Pueblillo, suelen ser los más afectados, como se muestra en la figura 18.



El municipio de Popayán se encuentra ubicado al nor-occidente del volcán Puracé y su distancia aproximada a él, en línea recta, es de 30 km. Sin embargo, está dentro del perímetro de las zonas que amenaza el volcán ante una eventual erupción[125].

La formación de domos<sup>11</sup> debe tenerse en cuenta en las amenazas de futuras erupciones del volcán Puracé. El crecimiento de domos puede ser detectado con medidas periódicas de deformación, las cuales indicarían, a su vez, los sitios que podrían ser eventualmente afectados en caso de una explosión.

El volcán Puracé Actual (VPA) se considera activo por la presencia de fumarolas<sup>12</sup> al interior y exterior del cráter, estas últimas estudiadas por personal del Servicio Geológico Colombiano (antiguo INGEOMINAS), durante las últimas cuatro décadas, fuentes termales alrededor del edificio volcánico. [126]

El VPA es un estrato-volcán con predominio de actividad de tipo explosivo en su registro geológico e histórico reciente. Por el reporte histórico de su actividad, ha sido considerado como uno de los volcanes más activos del país. La reactivación del volcán daría lugar, durante un tiempo prolongado (meses a años), a una actividad eruptiva intermitente, afectando de diversa forma, una región que comprende áreas pertenecientes a los departamentos del Cauca y Huila, con una población estimada de alrededor de 460.000 habitantes según el DANE (2018), donde se encuentran centros poblados, infraestructura y vías de comunicación de interés nacional. [126]

---

<sup>11</sup> Un domo de lava o domo tapón es un montículo aproximadamente circular que se origina en una erupción lenta de lava viscosa de un volcán.

<sup>12</sup> Es una mezcla de gases y vapores que surgen por las grietas exteriores de un volcán a temperaturas altas.

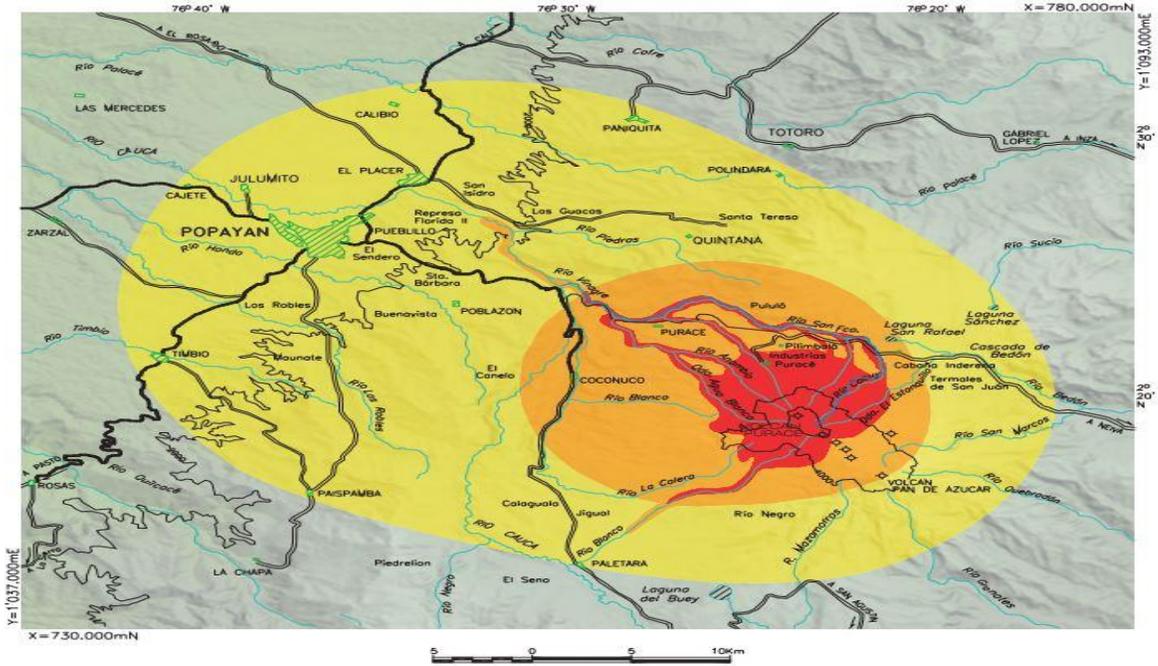


Figura 1. Mapa de amenaza del Volcán del Puracé  
Fuente: Servicio Geológico Colombiano, (2016) [125].

**Tabla 7.** Leyenda del mapa de amenazas del Volcán del Puracé.

LEYENDA		
	ZONA DE AMENAZA BAJA	Zona que sería potencialmente afectada por caída de piroclastos <sup>13</sup> con acumulaciones de 0.5 milímetros a 1 centímetro, según la tendencia predominante de los vientos.
	ZONA DE AMENAZA MEDIA	Corresponde a la zona que sería potencialmente afectada por caída de piroclastos con acumulaciones entre 1 y 10 centímetros, según la tendencia predominante de los vientos en el área
	ZONA DE AMENAZA ALTA	Corresponde a la zona que sería potencialmente afectada por caída de piroclastos con acumulaciones mayores a 10 centímetros según la tendencia predominante de los vientos en el área

Fuente: adaptado de microzonificación sísmica de Popayán [125]

<sup>13</sup> Se llama piroclasto o tefra a cualquier fragmento sólido de material volcánico expulsado a través de la columna eruptiva arrojado al aire durante una erupción volcánica.

### **4.3. Trabajo de Campo**

Para el desarrollo de este proyecto se efectuó el diligenciamiento de las matrices relacionadas con la implementación de la metodología AHP, además de la contextualización de esquema de jerarquización de la misma de manera virtual, con los actores logísticos involucrados dentro de la cadena de suministro humanitario. Como lo son:

La unidad para la gestión y atención a desastres como actor director, Los bomberos de Popayán, la defensa civil, los escouts de Colombia, el batallón del ejército nacional del municipio de Popayán.

Cabe resaltar que para el desarrollo del trabajo la información recolectada se realiza de manera virtual, cuyo fin fue indagar sobre los conocimientos que posea los representantes de cada uno de los actores involucrados dentro de la logística humanitaria para así lograr determinar la comuna de mayor riesgo ante el caso de un desastre natural en el municipio de Popayán.

#### **4.3.1. Reuniones virtuales.**

Por medio de herramientas virtuales se logra la interacción y ejecución de calificación de ponderados desarrollados mediante la metodología AHP por parte de los actores involucrados, como lo son, los Bomberos, defensa civil, scout y el ejercito

Mediante herramientas como lo son Google Meet o Zoom se crean reuniones, encuentros de forma sincrónica en las cuales, los actores evalúan y califican bajo su experiencia ante desastres naturales cada uno de los Criterios Logísticos de Selección; los cuales son, Densidad poblacional, Geología de la Ciudad, Infraestructura y Antecedentes Sísmicos y Estructura Vial; estos Bajo el método de la escala de comparación de la metodología AHP

Cabe resaltar que antes de la pandemia del covid 19 ya existían algunos avances en el proceso de encuentro y socialización. Se realizó la invitación a cada uno de los actores involucrados, donde se daba a conocer el proyecto y se solicitaban charlas, las cuales fueron aprobadas (seminario de logística humanitaria en conjunto con la unidad de gestión del riesgo).

## **CAPITULO V**

### **5. RESULTADOS**

En este apartado se describirá la información brindada y recolectada por los actores logísticos, además de un análisis de los datos obtenidos por la Jerarquización de la metodología implementada.

#### **5.2. Objetivo de la jerarquización.**

Una aproximación inicial consiste en datar eventos históricos asociados a los fenómenos antes mencionados en el municipio de Popayán y recopilar dichas fuentes mediante organización por archivos. Una vez obtenido el registro se contrasta la información con otras fuentes primarias, y secundarias, como actas, oficios e informes técnicos, que se constituyen en insumo importante para conocer el proceso asociado a la atención de las emergencias en las zonas afectadas.

La recopilación de información se apoyó en primera instancia con visitas a los actores en la zona urbana del municipio y en segunda instancia mediante reuniones virtuales, donde se estableció la problemática que se estaba investigando y tratando. Al realizar estas actividades se permite obtener una multiplicidad de escenarios y versiones acerca de los eventos históricos que afectan a la población y así tener una primera aproximación a las zonas de riesgo asociadas a los eventos de señalados.

Por tal razón se plantea como objetivo de la metodología AHP, la identificación de la zona de mayor riesgo que se pueda ver afectada por la ocurrencia de un desastre natural en el municipio de Popayán.

#### **5.3. Identificación de criterios y Sub-criterios**

Con base a los elementos brindados por la alcaldía municipal, la Unidad Nacional para la gestión los riesgos de desastres y las reuniones previas con diferentes entidades enmarcadas dentro de la cadena logística humanitaria se plantea los siguientes criterios de selección enlazados con diferentes subcriterios propuestos:

### 5.3.1. Densidad poblacional

La densidad poblacional hace referencia al número promedio de habitantes de un país, región, área urbana o rural en relación a una unidad de superficie dada del territorio donde se encuentra ese país, región o área, de igual forma se debe tener en consideración los recursos naturales como las características del suelo, vegetación, fauna, recursos minerales y energéticos, etc, debido a que actúan como factores de atracción para la población, que acude a los lugares donde estos se localizan en busca de su explotación y aprovechamiento.. En el caso del recurso suelo, su calidad atrae al ser humano por su fertilidad, especialmente en suelos de las llanuras de la Costa y de los valles interandinos.[127],[128]

El municipio de Popayán se encuentra ubicado en el departamento del Cauca, localizado en el valle de Pubenza, entre la Cordillera Occidental y Central al suroccidente del país. El cual tiene una extensión territorial es de 512 km<sup>2</sup>, Según el último Censo de Población realizado en Colombia del año 2018 el municipio de Popayán en ese año tenía 318.059 habitantes y según proyecciones la población para el año 2021 sería de 328.139 habitantes, lo que indica que el municipio tiene una densidad de población para el 2021 de 640.8965 habitantes/km<sup>2</sup>. [129],[130].

La zona urbana en el municipio de Popayán se divide en 9 Comunas y 278 barrios. En la Tabla 9 se presentan los barrios que pertenecen a cada comuna.

**Tabla 8.** División Político administrativa de la zona urbana del municipio de Popayán.

COMUNAS	BARRIOS
Comuna 1	Alcalá, Antonio Nariño, Belalcázar, Bloque Pubenza, Campamento, Campo Bello, Capri, Casas Fiscales, Catay, El Nogal, El Recuerdo, Fancal, La Cabaña, La Playa, La Villa, Loma Linda, Los Laureles, Los Rosales, Machangara, María Alexandra, Modelo, Monte Rosales, Nueva Granada, Nuevo Catay, Plazuela del Poblado, Prados Norte, Puerta Hierro, Santa Clara, Villa Paula.
Comuna 2	Alto de Cauca, Ana Lucía, Atardecer.Pradera, Balcón Norte, Bella Vista, La Paz Norte, Bello Horizonte, Bosques del Pinar, Canal Brujas, Canterbury, Chamizal, Coomeva, Cruz Roja, Destecha/N., El Bambú, El Pinar, El Placer, El Tablazo, El Uvo, Esperanza N., Galilea, Guayac.Del Río, Hogares Comunit., La Aldea, La Arboleda, La Aurora, La Cordillera, La Florida, La Primavera, Los Cámbulos, Los Pinares, Los Ángeles, Luna Blanca, Lusitania, María Paz, Matamoros, Morinda, Nueva Alianza, Nueva Integración, Nvo.Tequendama, Pinares del Río, Pino Pardo, Pinos Llanos, Rincón La Aldea, Rincón Primav., Río Vista, San Fernando, San Ignacio, San Miguel, Santiago Cali, Trece de Octubre, Tóez, V. González, Villa Andrés, Villa Claudia, Villa Inés, Villa Melisa, Villa Norte, Villa Vista, Villa del Viento, Zuldemaida.
COMUNAS	BARRIOS

Comuna 3	Acacias, Alicante I, Alicante II, Alto Bajo Cauca, Altos del Jardín, Altos del Río, Arco Yanaconas, Aída Lucía, Bolívar, Chicalá Estancia, Ciudad Jardín, Deportistas, Encocauca, Galicia, Guayacanes, José A. Galán, La Estancia, La Virginia, La Ximena, Los Hoyos, Moravia, Nuevo Yambitará, Palacé, Periodistas, Plazu/Poblado, Portales Estancia, Portales Norte, Portón Hacienda, Portón Yanaconas, Pueblillo, Recodo del Río, Rincón Estancia, Rincón Yambitará, Rincón de La Ximena, Rincón del Río, Sotará, Torres del Río, Tres Margaritas, Ucrania, Vega de Prieto, Villa Alicia, Villa Mercedes, Yambitará, Yanaconas, Yanagual.
Comuna 4	Argentina, Bosques de Pomona, Caldas, Centro, Colombia I, Colombia II, Edificio Dorado, El Achiral, El Cadillal, El Empedrado, El Liceo, El Patio, El Prado, El Refugio, Fucha, Hernando Lora, La Pamba, Las Américas, Loma Cartagena, Los Alamos, Moscopán, Obrero, Pomona, Provitec I Etapa, Provitec II Etapa, San Camilo, San Rafael Viejo, Santa Catalina, Santa Inés, Santa Teresita, Siglo Xx, Valencia, Vásquez Cobo.
Comuna 5	Alameda, Avelino Ull, Berlín, Braceros, Colgate Palmolive, El Lago, El Plateado, El Poblado Alto, La Campiña, La Floresta, Las Ferias, Los Andes, Los Sauces, María Oriente, Nueva Venecia, Santa Mónica, Suizo.
Comuna 6	Alfonso López, Calicanto, Comuneros, El Boquerón, El Dean, El Limonar, El Pajonal, Gabriel G. Marq., Jorge E. Gaitán, José H. López, La Colina, La Gran Victoria, La Ladera, La Paz Sur, Las Veraneras, Loma de La Virgen, Los Tejares, Madres Solteras, Manuela Beltrán, Nueva Granada, Nuevo Japón, Nuevo País, Primero de Mayo, San Rafael Nuevo, Santa Fé -Bog., Sindic.I y II Etapa, Tejares de Otón, Valparaíso, Versailles, Versailles Pajonal, Villa Carmen II, Villa del Sur.
Comuna 7	Campiña-Retiro, Chapinero, Corsocial, Domingo Sabio, El Minuto de Díos, El Mirador, Ibero Tierra, Independencia, Isabela I, Isabela II, La Conquista, La Heroica, La Libertad, La Unión, Las Brisas, Las Palmas I, Las Palmas II, Alamos De Occidente, Las Vegas, Los Campos, Madres Desamparadas, Nazareth, Niño Jesús Praga-Retiro, Nuevo Berrío, Nuevo Popayán, Panamericana, Retiro Alto y Bajo, San Fernando, Santa Librada, Solidaridad, Tomás Cipriano, Treinta y Uno de Marzo, Villa Occidente, Villa del Carmen I.
Comuna 8	Asoprecom, Camilo Torres, Canadá, Edif. Llano Largo, El Guayabal, El Triunfo, El Zaguán, José M. Obando, Junín, La Esmeralda, La Esperanza, La Isla, La Victoria, Llano Largo, Los Libertadores, Minuto de Díos, Pandiguando, Popular, Santa Helena.
Comuna 9	Carlos Primero, Cinco de Abril, El Edén, Kennedy, La Capitana, La Gaitana, La Sombrilla, Lomas de Granada, Los Naranjos, María Occidente, Mis Ranchitos, Nuevo Hogar, San Antonio Padua, San José, Nuevo San Jose, San Miguel, Urapanes del Río, Valle del Ortigal.

Fuente: adaptado de: Plan operativo AIEPI<sup>14</sup> del municipio de Popayán 2017 [131]

Dentro del marco de la investigación enmarcada hacia la herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG), asociada a las tipologías edificatorias a las manzanas urbanas, de manera que se obtiene un conjunto de sistemas urbanos característicos de la ciudad, que permitirán estandarizar la morfología urbana. Además, el SIG permite obtener la superficie construida de cada tipología edificatoria en una determinada zona urbana como se muestra en la figura 19. [132]

<sup>14</sup> Documento que permite al municipio de Popayán contribuir al cumplimiento de las metas y objetivos propuestos para el desarrollo integral de las comunidades.

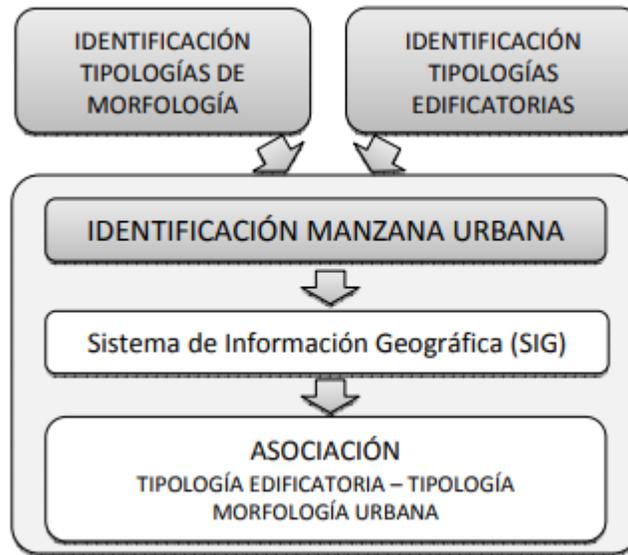


Figura 20. Tipología urbana

Fuente: Adaptado de: Caracterización de Tipologías urbanas a escala de barrio como parámetro energético 2019 [132]

De acuerdo con las apreciaciones otorgadas por UNGRD acerca de la identificación de la densidad poblacional del municipio de Popayán y dando cumplimiento a la jerarquización de la metodología, se identificaron los sub- criterios relacionados con el alcance del método, los cuales se representan en la tabla 10.

#### 5.3.1.1. Subcriterios

- Número de Barrios
- Número de Manzanas
- Número de Habitantes

**Tabla 9.** Sub- Criterios de la jerarquización del método AHP

COMUNA	SUB-CRITERIOS		
	NÚMERO DE BARRIOS	MANZANAS	NÚMERO DE HABITANTES
1	28	180	10,794
2	58	604	36,452
3	52	319	26,159
4	33	359	31,149
5	16	161	16,090
6	31	279	20,263
7	29	442	29,307
8	17	201	23,125
9	14	225	16,923
	278		

Fuente: Adaptado de: plan de ordenamiento territorial 2017.

### 5.3.2. Geología de la ciudad

Según el plan de ordenamiento territorial del municipio de Popayán, la Meseta de Popayán básicamente es una formación (volcano) sedimentaria, conocida como el piso de Popayán, compuesta por bancos de arcilla de coloraciones oscuras, gris oscuro, verdosa y hasta oliva, areniscas que se presentan desde grano fino hasta grueso y conglomerados. [133] Según la base histórica del municipio toda su extensa zona fue recubierta posteriormente por diferentes deposiciones de ceniza procedente de las erupciones de los volcanes de Puracé y Sotará que variaron la fisiografía original, presentando en la actualidad relieve ondulado con sectores casi planos. Las cenizas depositadas en algunas áreas no cubrieron suficientemente el material subyacente y en consecuencia se perdió por efectos erosivos, por lo que en parte del área afloran los materiales del piso Popayán.[134]

Seguidamente se presenta la falla de Popayán que pasa por el oriente de la zona urbana de Popayán; en la figura 20 se evidencia como esta falla quizás haya alcanzado grandes desplazamientos verticales en profundidad.

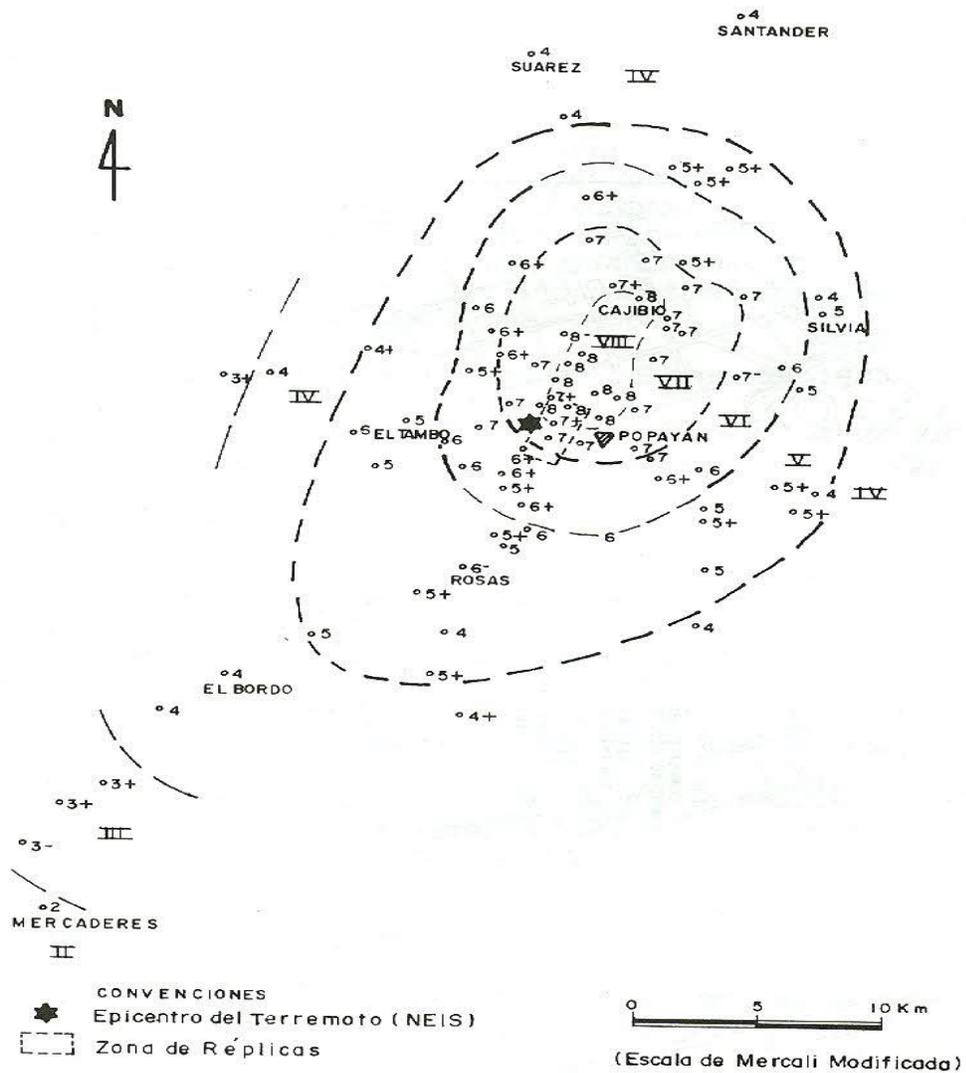


Figura 21. Fallas geológicas del municipio de Popayán  
 Fuente: adaptado de plan de ordenamiento territorial de Popayán 2017.

El municipio de Popayán es atravesado por varios ríos en sentido suroriente a noroccidente el Río Cauca, por más de 10 km atraviesa la zona urbana alcanzando a tener 40 m de ancho en promedio. El río Hondo, los ríos Molino y Ejido atraviesan la ciudad y luego drenan sus aguas al río Cauca, Piedras, Vinagre, Negro, Blanco, Saté, Palacé, Clarete y Pisojé, además de cerca de 50 quebradas. En la figura 14 se muestra la red hídrica del área urbana y rural del municipio de Popayán

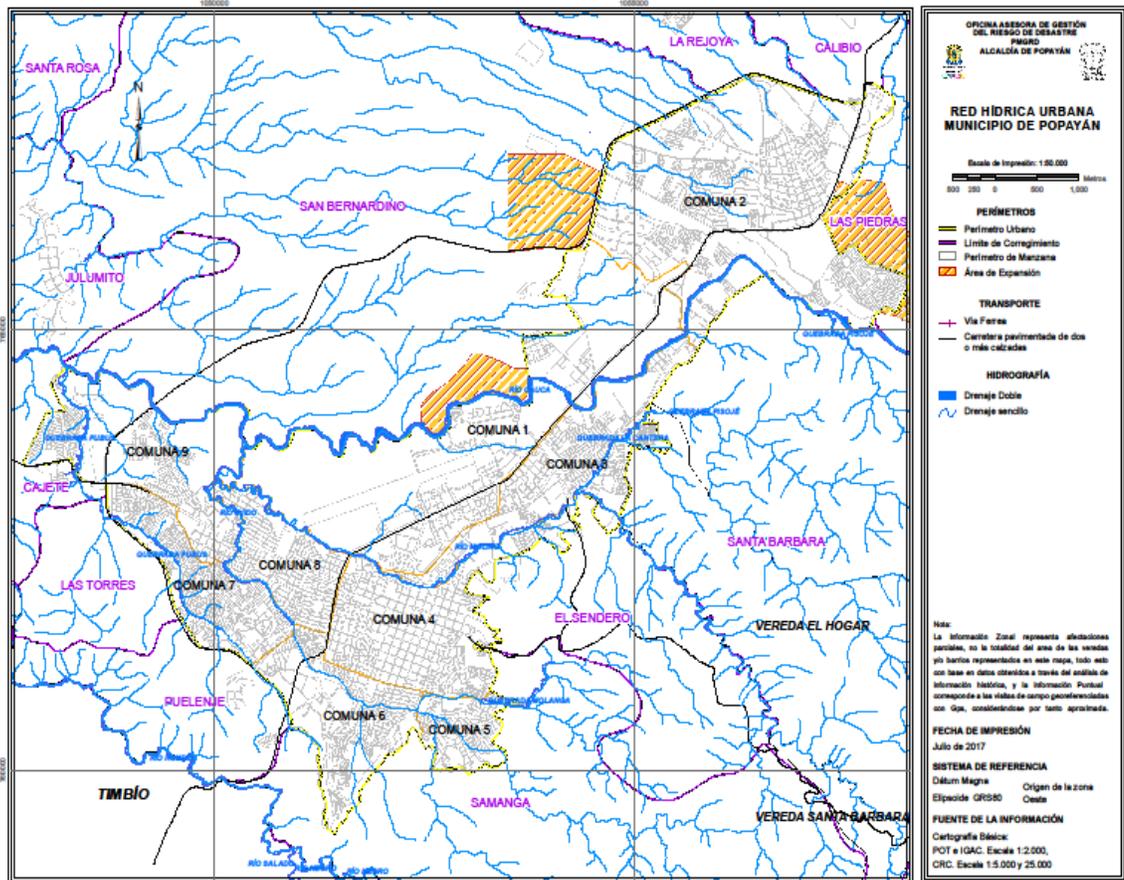


Figura 22. Mapa de la Red hídrica del área Urbana del Municipio de Popayán  
Fuente: Adaptado de plan de ordenamiento territorial 2017.

Dentro de este conjunto de ríos enseñados en la tabla 11, se encuentra un conjunto de fallas, se encuentran los ríos Robles, Hondo, Cauca, Torres, Molino, Blanco y Palacé. [135]

- Falla del río Robles: presenta como rastro morfológico notable el control de la corriente del río, se destacan sectores con segmento muy rectilíneos y valles lineales simétricos, cuchillas lineales y poco escarpe regularmente definido.
- Falla del río Hondo: similar al anterior, presenta rasgos morfológicos poco definidos hacia su mitad superior oriental. En su parte más baja o mitad occidental, son notorios los valles rectilíneos.
- Falla del río Cauca: en su parte superior, región del flujo de San Isidro, las evidencias de un control estructural del río son sutiles. Hacia la parte interior del río, al occidente de Julumito, es notable el desarrollo de valles rectilíneos simétricos y asimétricos.

- Falla de Torres: es una falla menor de corta extensión que corre al Sudeste de Popayán, su principal indicio de actividad tectónica consiste de un valle rectilíneo asimétrico, moderadamente desarrollado y que controla gran parte del drenaje.
- Falla del río Molino: se extiende por unos 18 km y cruza el sector norte de la ciudad. Escarpe moderadamente conservado y un control rectilíneo del drenaje con un valle lineal simétrico. Al occidente la falla se hace menos definida por el recubrimiento del flujo de San Isidro.
- Conjunto de falla del río Palacé: dentro de la geo forma general presente en los alrededores de Popayán, este conjunto de fallas constituye el límite norte de un bloque hundido [136] En el terreno son notorias las fracturas de distensión de dirección E-W paralelas a la falla. Escarpe muy definido el cual no supera los 15 grados.

**Tabla 10.** Ríos que atraviesan las comunas del municipio de Popayán.

COMUNAS	RIOS
comuna 1	Rio Cauca
comuna 2	Rio Cauca, Rio Blanco
comuna 3	Rio Cauca, Rio Molino
comuna 4	Rio Molino
comuna 5	Rio Ejido
comuna 6	Rio Ejido
comuna 7	Rio Ejido
comuna 8	Rio Ejido, Rio Molino
comuna 9	Rio Cauca, Rio Ejido, Rio Molino

Fuente: Adaptado de: plan de ordenamiento territorial 2017

De acuerdo con las apreciaciones otorgadas por UNGRD acerca de la identificación de la geología del municipio de Popayán y dando cumplimiento a la jerarquización de la metodología, se identificaron los sub- criterios relacionados con el alcance del método, los cuales se representan a continuación:

#### 5.3.2.1. Subcriterios

- Fallas geológicas
- Ríos y quebradas que atraviesan las comunas

### 5.3.3. Infraestructura y antecedentes sísmicos

El municipio de Popayán es la capital del departamento del Cauca, fue fundada en 1537 por Sebastián de Benalcázar y, por encontrarse en el camino entre Cartagena al norte, y Quito y Lima al sur, desempeñó un papel primordial en épocas de la Colonia [137]. Como resultado, Popayán es una de las ciudades más tradicionales de Colombia y una de sus principales joyas arquitectónicas. Aunque gran parte de sus edificaciones coloniales fueron destruidas por un terremoto en 1983, ya han sido reconstruidas en su mayor parte.[138]

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de Popayán el municipio de Popayán cuenta con una extensión de 512 km<sup>2</sup>, de los cuales 9.23 y 502.7 km<sup>2</sup> son áreas construidas y no construidas respectivamente. [139]

#### 1. Elementos expuestos según el uso predial.

Según el plan municipal de gestión de riesgo 2017 postula que los predios que se podrían ver afectados ante una eventualidad sísmica son 41.859. Del total de los predios asociados al escenario de Sismos, 38.095 son de uso residencial, de los cuales en nivel Alto- Bajo se tienen un total de 19784 predios, en Alto- Alto 1013 predios y en Alto- Medio 17298, como se indica en la figura 22. [136]

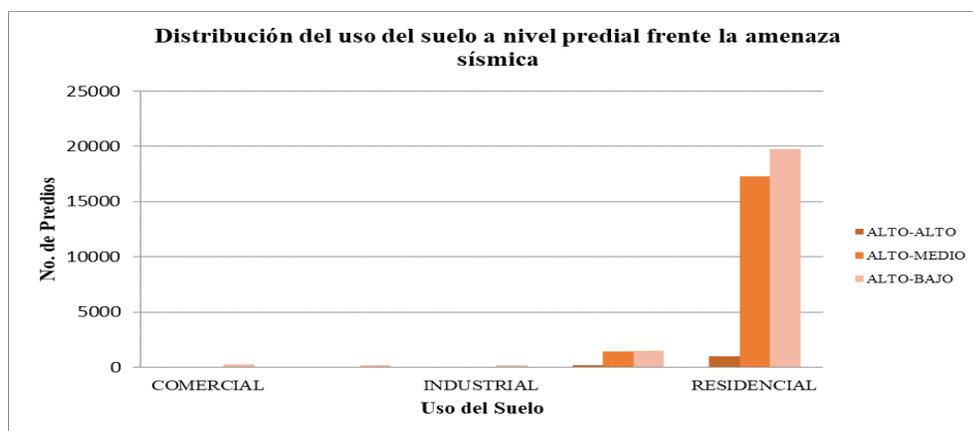


Figura 23. Distribución del uso del suelo a nivel predial frente a la amenaza sísmica  
Fuente: Adaptado de Universidad de los Andes-Alcaldía de Popayán, 2012 y Alcaldía de Popayán, 2016

#### 2. Elementos expuestos según el tipo de estructural frente a la amenaza sísmica Alto-Alto, Alto-Medio y Alto- Bajo.

En la tabla 12 y figura 23 respectivamente se observa que, bajo los tres tipos de amenaza, la Estructura de la Edificación Mampostería Confinada (**MC**) es la que más se presenta a nivel predial; además, que la mayoría de predios para este tipo

de estructura están en amenaza Alta – Baja. Es importante señalar que, de acuerdo a la base predial del 2016, para gran parte de la zona de amenaza Alta- Alta no se presenta información.

En las figuras se especializa el tipo de estructura de las edificaciones frente a la amenaza sísmica. Se muestra espacialmente que el tipo constructivo **MC** es el más utilizado.

**Tabla 11.** Tipo Estructural a nivel predial ante la amenaza sísmica

TIPO DE ESTRUCTURA	ALTO-ALTO	ALTO-MEDIO	ALTO-BAJO	TOTAL GENERAL
A		7	272	279
AR		1	111	112
BOD	3	31	150	184
MC	494	10540	12647	23681
MCR	122		21	143
MEDC	52	1874	2139	4065
MR	205	988	312	1505
MS	100	3095	4237	7432
NT	40	796	432	1268
PCM			86	86
ND	173	1451	1480	3104
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1189</b>	<b>18783</b>	<b>21887</b>	<b>41859</b>

**Fuente:** Adaptado de Universidad de los Andes-Alcaldía de Popayán, 2012 y Alcaldía de Popayán, 2016.

Donde A= Adobe, AR= Adobe Reforzada, BOD: Bodegas, MC=Mampostería Confinada, MEDC= Mampostería Medianamente Confinada, MR= Mampostería Reforzada, MS= Mampostería Simple, NT= No Tecnificada, PCM= Pórticos en concreto con Muros de Mampostería.

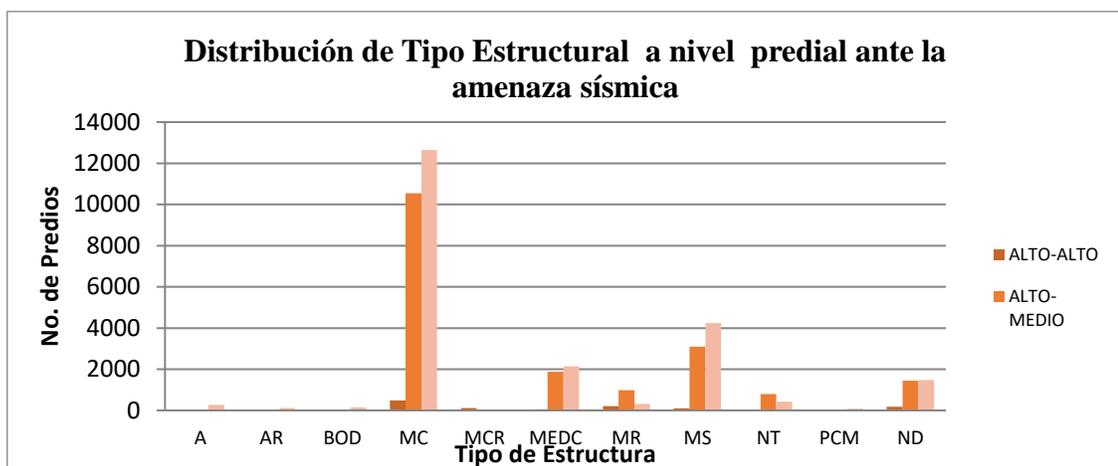


Figura 24. Distribución de Tipo Estructural a nivel predial ante la amenaza sísmica  
Fuente: Adaptado de Universidad de los Andes-Alcaldía de Popayán, 2012 y Alcaldía de Popayán, 2016

### 3. Elemento expuesto según el número de pisos frente a la amenaza sísmica Alto-Alto y Alto-Medio y Alto-Bajo.

En la tabla 13 y figura 24 se observa como en el municipio, la altura de los predios que predomina es de 1 a 2 pisos (B), donde la mayoría de predios se encuentran en amenaza Alta-Baja. De acuerdo a la base predial del 2016, para gran parte de la zona de amenaza Alta- Alta no se presenta este tipo información.

**Tabla 12.** Número de pisos a nivel ante la amenaza sísmica

NÚMERO DE PISOS DE LA EDIFICACIÓN	ALTO-ALTO	ALTO-BAJO	ALTO-MEDIO	TOTAL GENERAL
A	122	107		229
B	808	18874	16262	35944
M	83	1277	1039	2399
ND	176	1629	1482	3287
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1189</b>	<b>21887</b>	<b>18783</b>	<b>41859</b>

**Fuente:** Adaptado de Universidad de los Andes-Alcaldía de Popayán, 2012 y Alcaldía de Popayán, 2016.

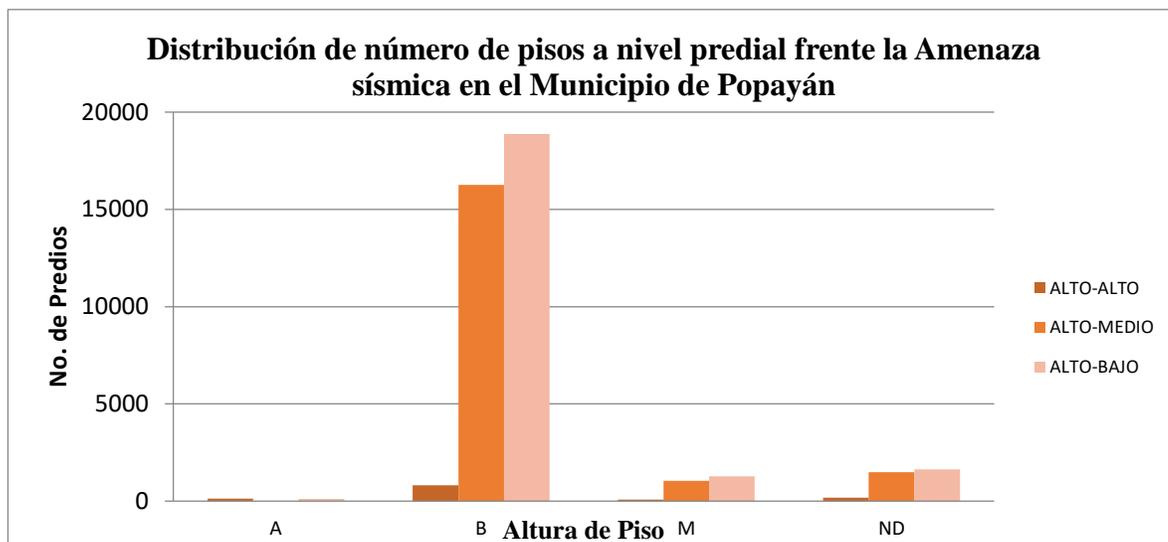


Figura 25. Distribución de número de pisos a nivel predial  
Fuente: Adaptado de Universidad de los Andes-Alcaldía de Popayán, 2012 y Alcaldía de Popayán, 2016.

#### 4. Elemento expuesto según el avalúo catastral frente a la amenaza sísmica Alto-Alto, Alto-Medio y Alto- Bajo.

En la tabla 14 se observa, de manera general para la zona urbana, que el mayor avalúo catastral se presenta en el uso residencial, aspecto relacionado con la cantidad de predios para este uso. En relación a su tipo de estructura, se presentan los valores más altos de avalúo en mampostería confinada, la cual, es seguida de la mampostería simple. En concordancia a esto, la zona de Alto- Bajo es la que presenta un mayor avalúo (en relación para toda el área urbana), pues en esta zona se concentran los mayores predios de uso residencial.

Se presentan los rangos del avalúo catastral a nivel de predio. Se puede evidenciar que, a nivel individual por predio, las zonas de Alto- Bajo y Alto- Medio presentan un rango bajo de avalúo. Para la zona de Alto-Alto, el avalúo catastral, en su mayoría, se encuentra en un rango medio.

Donde A= Adobe, AR= Adobe Reforzada, BOD: Bodegas, MC=Mampostería Confinada, MEDC= Mampostería Medianamente Confinada, MR= Mampostería Reforzada, MS= Mampostería Simple, NT= No Tecnificada, PCM= Pórticos en concreto con Muros de Mampostería.

**Tabla 13.** Avalúo a nivel predial ante la amenaza sísmica

USO_PREDIO	T. ESTRUCTURA	ALTO-ALTO	ALTO-MEDIO	ALTO-BAJO	TOTAL GENERAL
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>82475356500</b>	<b>874799965200</b>	<b>2301415229530</b>	<b>3258690551230</b>
COMERCIAL	A			2322204850	2322204850
	AR			912132900	912132900
	MC			13460064900	13460064900
	MEDC			2346981800	2346981800
	MS			10933664450	10933664450
	NT			256352050	256352050
<b>Total COMERCIAL</b>				<b>30242400950</b>	<b>30242400950</b>
EQUIPAMIENTOS	A			4640952550	4640952550
	AR			863735950	863735950
	MC			20556248200	20556248200
	MEDC			7283177750	7283177750
	MS		557039400	34299136000	34856175400
	NT			18638550	18638550
<b>Total EQUIPAMIENTOS</b>			<b>67661889000</b>	<b>557039400</b>	<b>68218928400</b>
INDUSTRIAL	AR			285130300	285130300
	BOD	1745124440	25714282880	77732710100	105192117420
	MC			806336450	806336450
	MEDC			36900500	36900500
	MS		528166700	5007954500	5536121200
<b>Total INDUSTRIAL</b>	<b>1745124440</b>	<b>26242449580</b>	<b>83869031850</b>	<b>111856605870</b>	
ND	MS			299901700	299901700
	ND	41980990070	271566303550	670943896650	984491190270
<b>TOTAL ND</b>		<b>41980990070</b>	<b>271566303550</b>	<b>671243798350</b>	<b>984791091970</b>
RESIDENCIAL	A		847407550	28570912020	29418319570
	AR		47012500	12295311350	12342323850
	MC	13081433480	353111079010	852085862720	1218278375210
	MCR	2996044920		2335593400	5331638320
	MEDC	1773586420	62695120170	148324758750	212793465340
	MR	9215530150	25043359530	29346252350	63605142030
	MS	10905614570	106279883170	336078646820	453264144560
	NT	777032450	28410310740	34652137000	63839480190
	PCM			4708634970	4708634970
<b>TOTAL RESIDENCIAL</b>	<b>38749241990</b>	<b>1448398109380</b>	<b>576434172670</b>	<b>2063581524040</b>	

**Fuente:** Adaptado de Universidad de los Andes-Alcaldía de Popayán, 2012 y Alcaldía de Popayán, 2016

De acuerdo con las apreciaciones otorgadas por UNGRD acerca de la infraestructura y antecedentes sísmicos del municipio de Popayán y dando cumplimiento a la jerarquización de la metodología, se identificaron los sub-criterios relacionados con el alcance del método, los cuales se representan a continuación:

### 5.3.3.1. Subcriterios

- Número de viviendas
- Tipo de estructura de las viviendas.

### 5.3.4. Estructura vial

La estructura vial y las capacidades de los vehículos de la ruta se deben determinar la capacidad de la estructura vial de Popayán, Desde el año 2003 se determina la utilización del suelo y las proyecciones de crecimiento del sistema vial de la zona Urbana de Popayán [140]. Para plantear un método que considere las rutas seguras se debe caracterizar las vías y arterias de la ciudad; a continuación, se presentan las vías Primarias, secundarias, colectoras y variante de la ciudad, como se representa en la figura 25.

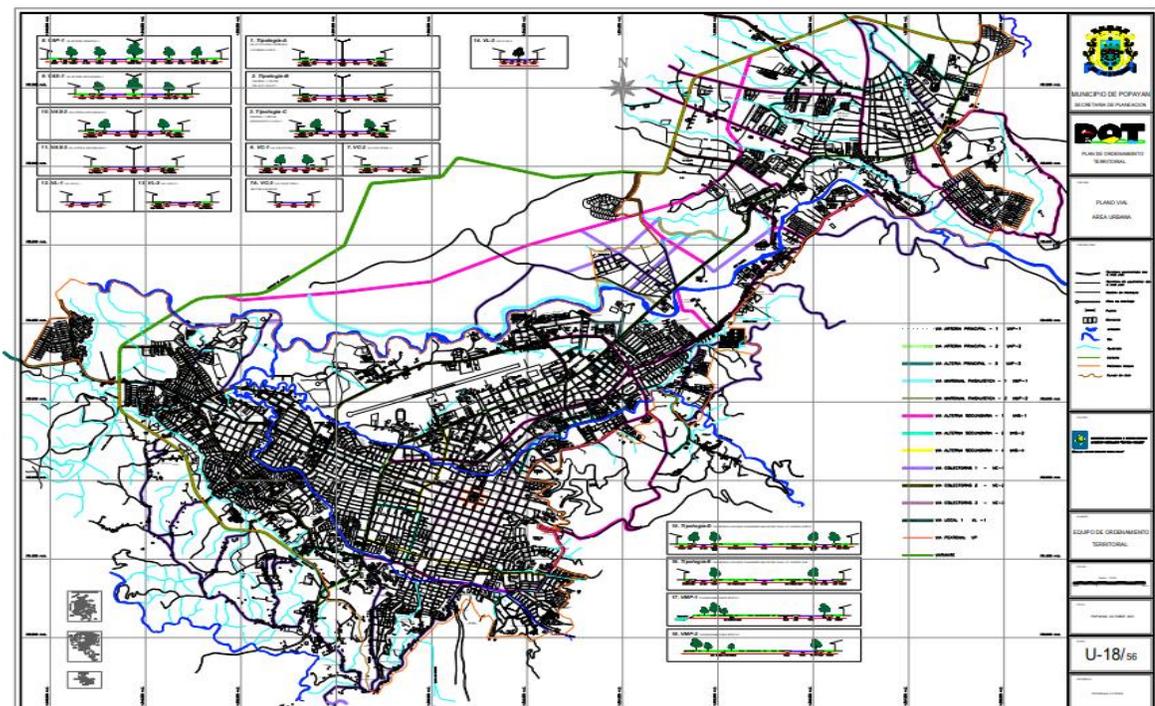


Figura 26. Infraestructura vial de la Ciudad de Popayán  
Fuente: adaptado de: Alcaldía municipal de Popayán 2017[141]

En el sector urbano del municipio de Popayán hay un total de 302 km, de los cuales se encuentran pavimentados 234 km, en afirmado 42 km y 26 km son vías destapadas; para el año 2017 existía un total de 16.777 huecos parchados, 38.027 metros cuadrados de malla vial recuperados y más de 23 barrios de la ciudad intervenidos[142], por lo cual se puede estipular que el estado de las vías se encuentra de la siguiente forma figura 26.

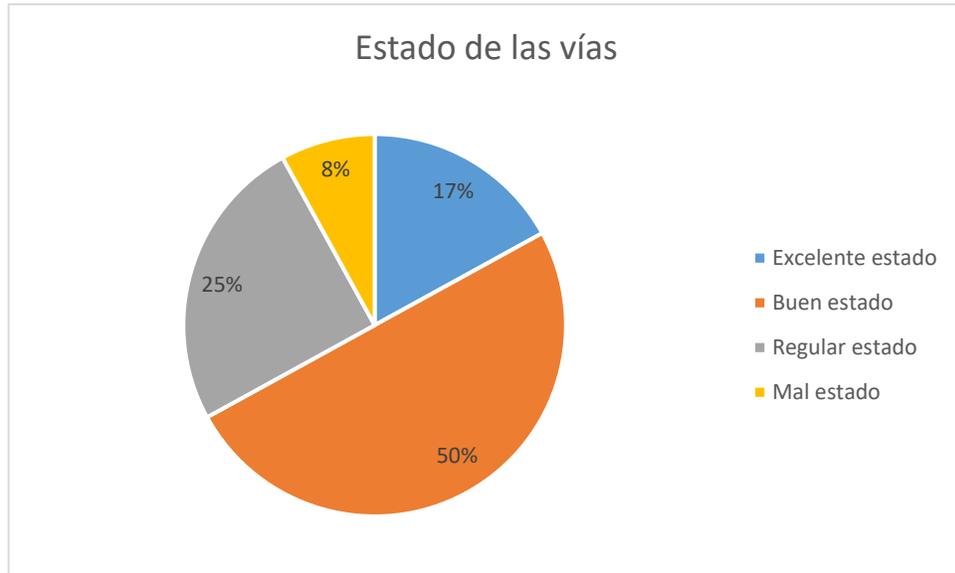


Figura 27. Estado de las vías de la zona urbana del municipio de Popayán.  
Fuente: Elaboración propia con base a Análisis vial- accesibilidad Popayán 2018 [142].

Adicionalmente Flujos de transporte, que tiene la ciudad de popayan se representan en la figura 27.



Figura 28. Flujos de Transporte  
Fuente: Adaptado de: Análisis vial- accesibilidad Popayán 2018 [142].

De acuerdo con las apreciaciones otorgadas por UNGRD acerca de la identificación de la densidad poblacional del municipio de Popayán y dando cumplimiento a la jerarquización de la metodología, se identificaron los sub- criterios relacionados con el alcance del método, los cuales se representan a continuación:

#### **5.3.4.1. Subcriterios**

- Tipo de vías
- Estado de las vías

#### **5.4. Definición de alternativas.**

El Proceso de Análisis Jerárquico, desarrollado por Thomas L. Saaty está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión[143].

La identificación de alternativas se realizó teniendo en cuenta cada una de las comunas del municipio de Popayán, debido a la condición propensa y crítica al desastre natural en la que el municipio se encuentra; se crea un análisis en conjunto con la Unidad Nacional de gestión del riesgo de desastres y los actores logísticos previamente enunciados, en la que se postula como alternativas las nueve comunas del municipio ya que de esta forma se logra abarcar gran parte de la población que según proyecciones estipuladas por el DANE, esta tendrá un crecimiento considerable, por lo cual juega un papel importante a la hora de identificar las posibles alternativas de localización, las cuales se evidencian en la figura 28; de igual forma se consideran los criterios establecidos anteriormente debido a que estos factores son determinantes para elegir la comuna que puede llegar a presentar mayor riesgo ante el caso de un desastre natural.

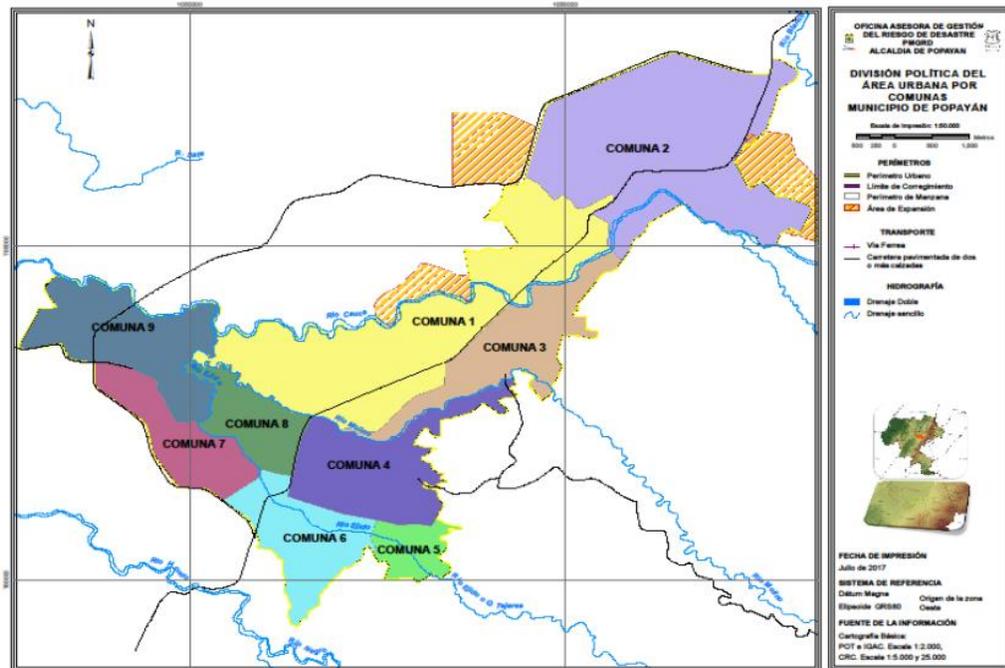


Figura 29. Comunas del municipio de Popayán  
 Fuente: Adaptado de alcaldía de Popayán 2017[144]

En conclusión, se obtiene la representación gráfica del árbol de jerarquías figuras 29,30 en los términos de la definición de los criterios y las alternativas de decisión relacionado con el método AHP.



Figura 30. Jerarquización método AHP.  
Fuente: Elaboración propia

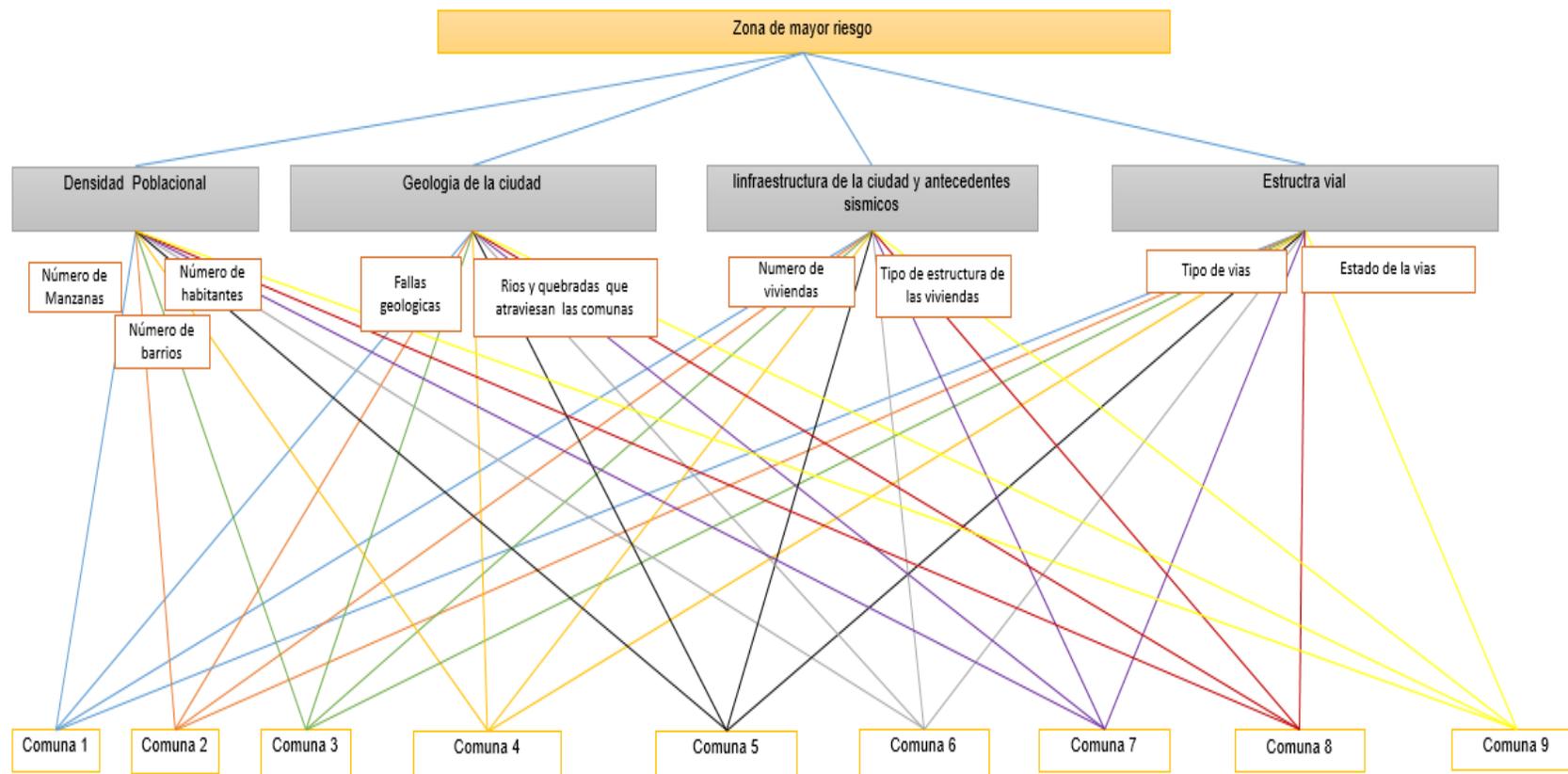


Figura. 31. Árbol de jerarquías  
 Fuente: Elaboración propia

## 5.5. Aplicación de la metodología a los actores involucrados

La aplicación de las encuestas se realizó a cuatro Entidades pertenecientes a los actores involucrados en la cadena de logística humanitaria. Dado que estas entidades intervienen en las fases antes, durante y después del desastre, las cuales son:

1. Los bomberos voluntarios de Popayán.
2. El batallón de ejército del municipio Popayán.
3. La defensa civil del municipio de Popayán.
4. Los scouts de Colombia.

A continuación, se presenta los resultados de las matrices diligenciadas inicialmente por los actores involucrados la cual contribuye para lograr dar un resultado en relación al objetivo planteado por el proyecto.

### 5.5.1. Actor logístico humanitario: Bomberos de Popayán.

El cuerpo de bomberos voluntarios de Popayán, participó dentro del marco de este proyecto, brindando información necesaria para el desarrollo matricial de la metodología empleada, la cual se consagra en el anexo 2, del documento.

Matriz de comparación; Vectores de prioridad				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,316	0,223	0,198	0,198
Comuna 2	0,190	0,204	0,279	0,279
Comuna 3	0,118	0,159	0,167	0,167
Comuna 4	0,134	0,159	0,114	0,114
Comuna 5	0,069	0,085	0,091	0,091
Comuna 6	0,060	0,049	0,079	0,079
Comuna 7	0,053	0,049	0,023	0,023
Comuna 8	0,032	0,043	0,028	0,028
Comuna 9	0,030	0,028	0,020	0,020
<b>vector de Prioridad</b>	<b>0,56</b>	<b>0,22</b>	<b>0,15</b>	<b>0,07</b>

Figura 32. Matriz de comparación de vectores de prioridad caso Bomberos  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 31 se logra observar como para este acto evaluado, la densidad poblacional es el factor de mayor relevancia con un 56% seguido por el factor de la geología de la ciudad con una relevancia de 22%, a continuación, se encuentra la infraestructura y antecedentes sísmicos con un porcentaje del 15%, finalmente el factor de menor relevancia para el cuerpo de bomberos es el de estructura vial con un 7%, estos valores se deben a que la metodología permite que cada evaluador tenga la capacidad de ponderar las matrices según su propio criterio y conocimiento.

Matriz normalizada de criterios y alternativas				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,177	0,048	0,030	0,014
Comuna 2	0,106	0,044	0,042	0,020
Comuna 3	0,066	0,034	0,025	0,012
Comuna 4	0,075	0,034	0,017	0,008
Comuna 5	0,038	0,018	0,014	0,007
Comuna 6	0,033	0,011	0,012	0,006
Comuna 7	0,030	0,011	0,003	0,002
Comuna 8	0,018	0,009	0,004	0,002
Comuna 9	0,017	0,006	0,003	0,001

Figura 33. Matriz normalizada de criterios y alternativas caso Bomberos.  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 32 de muestra cómo se comporta la matriz relacionando cada uno de los criterios con las alternativas propuestas dando como resultado el vector promedio final que se representa en la figura 33, dando a conocer cual comuna del municipio de Popayán presenta mayor riesgo de sufrir algún desastre natural según lo planteado por el método AHP.

	vector promedio final
Comuna 1	0,269
Comuna 2	0,213
Comuna 3	0,138
Comuna 4	0,135
Comuna 5	0,077
Comuna 6	0,062
Comuna 7	0,045
Comuna 8	0,033
Comuna 9	0,027

Figura 34. Vector promedio final caso Bomberos.  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 34 se grafica la asignación de prioridad de las alternativas según el criterio del cuerpo de bomberos de Popayán.

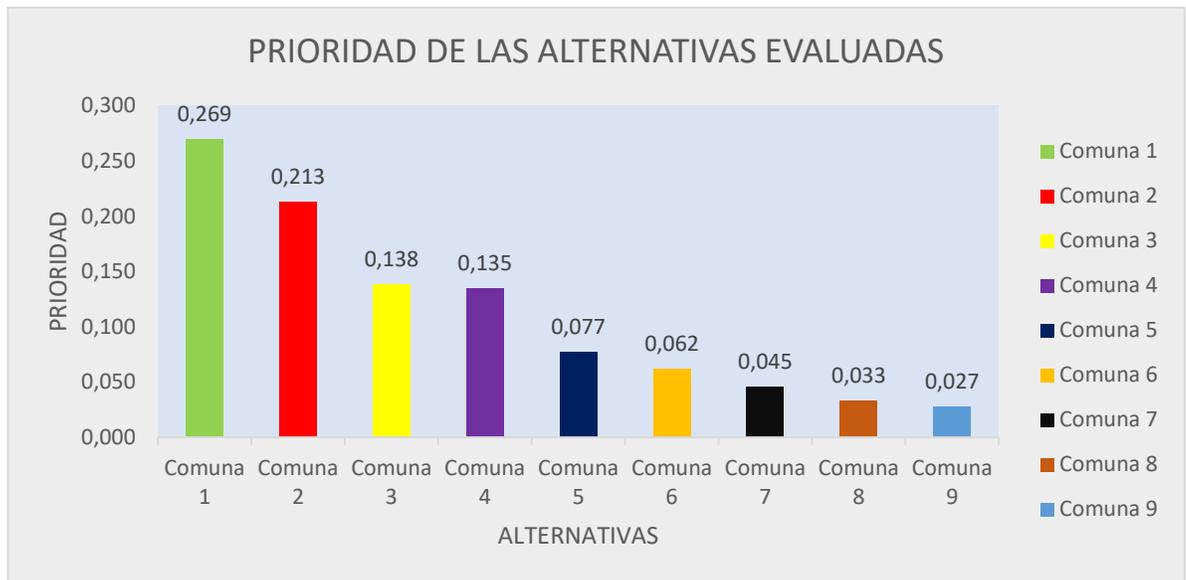


Figura 35. Prioridad de las alternativas evaluadas caso Bomberos.  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la gráfica 34 se observa como la alternativa de la acomuna 1 resulta ser la de mayor riesgo ante el caso de algún desastre natural, seguida de cerca por la comuna 2, por que se podría afirmar que para el cuerpo de bomberos existe un alto grado de prioridad entre la comuna 1 y 2 del municipio de Popayán, como las que presentarían mayor riesgo y las de menor riesgo se identifican como la comuna 8 y 9 respectivamente.

### 5.5.2. Actor logístico humanitario: Defensa civil.

La defensa civil de Popayán es un actor perteneciente a la UNGRD y es uno de los que tiene participación en las fases del durante y después del desastre por lo cual es de gran relevancia que este inmerso en la consecución del presente proyecto, este actor brindo la información necesaria para el desarrollo matricial de la metodología empleada, la cual se consagra en el anexo 3, del documento.

Matriz de comparacion; Vectores de prioridad				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,350	0,208	0,174	0,272
Comuna 2	0,193	0,190	0,270	0,172
Comuna 3	0,111	0,190	0,119	0,132
Comuna 4	0,117	0,089	0,108	0,111
Comuna 5	0,065	0,089	0,097	0,105
Comuna 6	0,060	0,089	0,061	0,072
Comuna 7	0,045	0,089	0,055	0,056
Comuna 8	0,036	0,047	0,080	0,039
Comuna 9	0,022	0,011	0,037	0,041
<b>vector de Prioridad</b>	<b>0,44</b>	<b>0,21</b>	<b>0,19</b>	<b>0,16</b>

Figura 36. Matriz de comparación de vectores de prioridad, caso defensa civil.  
Fuente: elaboración propia

En la figura 35 se observa como para la defensa civil de Popayán el criterio de densidad poblacional con un porcentaje del 44%, seguido por la geología de la ciudad con un porcentaje de 21%, de igual forma el criterio de infraestructura y antecedentes sísmicos cuanta con un porcentaje del 19%, finalmente se encuentra el criterio de estructura vial como el de menor relevancia con un porcentaje del 16%.

Cada uno de los valores arrojados dentro de la figura 36, corresponde a la calificación realiza por el criterio y conocimiento previo del actor Defensa civil.

Matriz normalizada criterios y alternativas				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,154	0,043	0,034	0,043
Comuna 2	0,085	0,039	0,052	0,027
Comuna 3	0,049	0,039	0,023	0,021
Comuna 4	0,052	0,018	0,021	0,017
Comuna 5	0,029	0,018	0,019	0,016
Comuna 6	0,027	0,018	0,012	0,011
Comuna 7	0,020	0,018	0,011	0,009
Comuna 8	0,016	0,010	0,016	0,006
Comuna 9	0,010	0,002	0,007	0,006

Figura 37. Matriz normalizada de criterios y alternativas, caso defensa civil.  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 36 se muestra cómo se comporta la matriz relacionando cada uno de los criterios con las alternativas propuestas dando como resultado el vector promedio final que se representa en la figura 37, dando a conocer cual comuna del municipio de Popayán presenta mayor riesgo de sufrir algún desastre natural según lo planteado por el método AHP.

	vector promedio final
Comuna 1	0,274
Comuna 2	0,204
Comuna 3	0,132
Comuna 4	0,108
Comuna 5	0,082
Comuna 6	0,068
Comuna 7	0,058
Comuna 8	0,047
Comuna 9	0,026

Figura 38. Vector promedio final caso defensa civil.  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 38 se observa el resultado del vector final, el cual fue arrojado gracias a la contribución que realizó la defensa civil de Popayán.

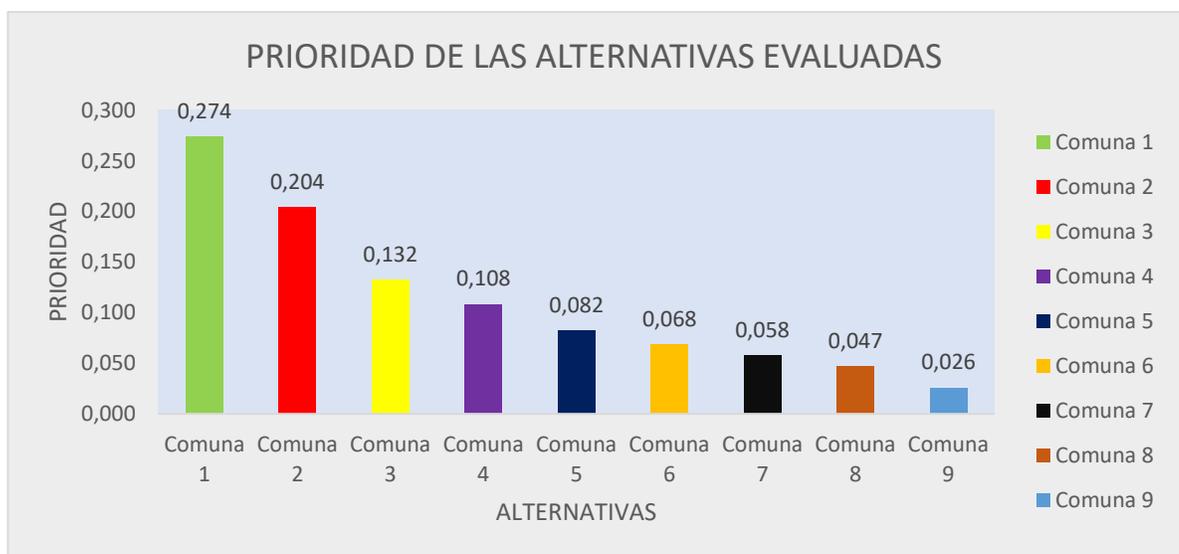


Figura 39. Prioridad de las alternativas evaluadas.  
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en la figura 38 se gráfica la prioridad que se le dio a cada alternativa según los conocimientos previos de la defensa civil, la cual arrojó la comuna de mayor riesgo, la cual se vio representada por la comuna 1, seguida por la comuna 2, lo que indica que entre estas dos comunas existe un alto grado de riesgo ante un desastre natural, de igual forma postula la comuna 8 y 9 como las que menor riesgo presenta según los criterios expuestos.

### 5.5.3. Actor logístico humanitario: scouts de Colombia.

Los scouts de Colombia son unos de los actores recientemente integrado a la UNGRD, por lo cual es de gran importancia contar con su aporte y conocimiento al proyecto, por lo cual la información brindada por los Scouts se encuentra consignada en el anexo 4 del presente proyecto.

Matriz de comparación; Vectores de prioridad				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,089	0,230	0,205	0,379
Comuna 2	0,328	0,202	0,168	0,144
Comuna 3	0,132	0,173	0,190	0,141
Comuna 4	0,181	0,087	0,132	0,080
Comuna 5	0,044	0,102	0,067	0,091
Comuna 6	0,077	0,075	0,078	0,071
Comuna 7	0,063	0,061	0,046	0,041
Comuna 8	0,051	0,044	0,064	0,031
Comuna 9	0,035	0,025	0,051	0,023
<b>vector de Prioridad</b>	<b>0,29</b>	<b>0,34</b>	<b>0,24</b>	<b>0,13</b>

Figura 40. Matriz de comparación de vectores de prioridad, caso scouts de Colombia  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 39 se observa el nivel de importancia que se les otorga a los criterios evaluados según el conocimiento previo de los scouts de Colombia, teniendo así la geología de la ciudad como factor de mayor relevancia con un porcentaje de 34% seguido de cerca por la densidad poblacional con un porcentaje del 29% de igual forma se encuentra la infraestructura y antecedentes sísmicos con un porcentaje del 24% y finalmente la se encuentra la estructura vial con un porcentaje del 13%.

Matriz normalizada criterios y alternativas				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,026	0,077	0,049	0,050
Comuna 2	0,097	0,068	0,040	0,019
Comuna 3	0,039	0,058	0,045	0,019
Comuna 4	0,053	0,029	0,031	0,011
Comuna 5	0,013	0,034	0,016	0,012
Comuna 6	0,023	0,025	0,018	0,009
Comuna 7	0,019	0,021	0,011	0,005
Comuna 8	0,015	0,015	0,015	0,004
Comuna 9	0,010	0,008	0,012	0,003

Figura 41. Matriz normalizada de criterios y alternativas, caso scouts de Colombia.  
Fuente: Elaboración propia.

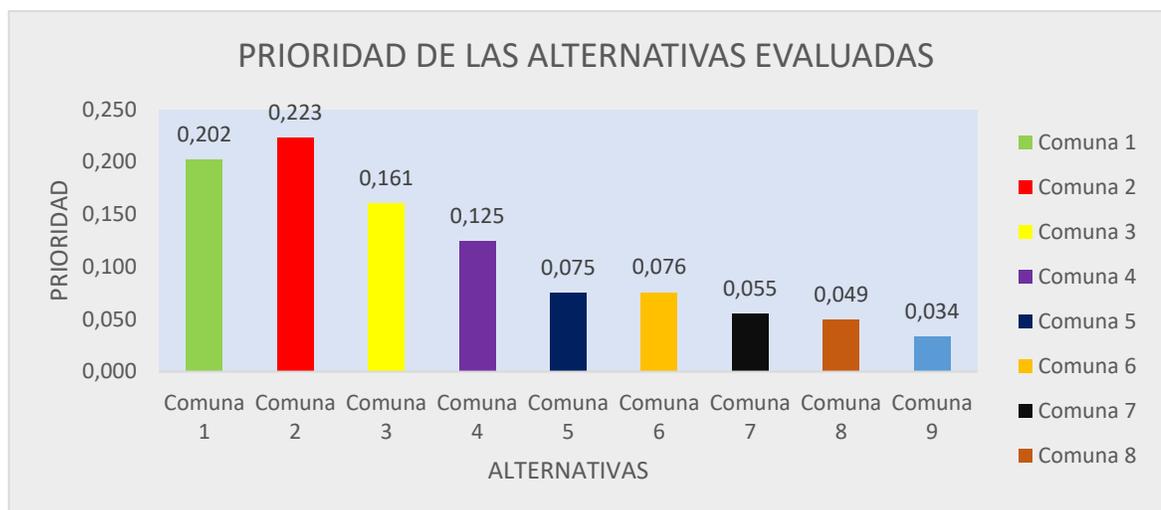
En la figura 40 se muestra cómo se comporta la matriz relacionando cada uno de los criterios con las alternativas propuestas dando como resultado el vector promedio final que se representa en la figura 41, dando a conocer cual comuna del municipio de Popayán presenta mayor riesgo de sufrir algún desastre natural según lo planteado por el método AHP.

	vector promedio final
Comuna 1	0,202
Comuna 2	0,223
Comuna 3	0,161
Comuna 4	0,125
Comuna 5	0,075
Comuna 6	0,076
Comuna 7	0,055
Comuna 8	0,049
Comuna 9	0,034

**Figura 42. Vector promedio final caso scouts de Colombia.**

Fuente: elaboración propia.

En la figura 42 se representa gráficamente como se establece la prioridad de las alternativas establecidas por los scouts de Colombia, dando la comuna 2 como la que representa mayor riesgo ante un desastre natural, seguida por la comuna 1 y dando las comunas como menor riesgo representadas en las comunas 8 y 9.



**Figura 43. Prioridad de las alternativas evaluadas caso scouts de Colombia.**

Fuente: elaboración propia.

#### 5.5.4. Actor logístico humanitario: Batallón José Hilario López (Ejército nacional).

El apoyo del batallón del municipio de Popayán es de gran relevancia debido al grado de vinculación que este representa con la comunidad en general, por lo cual este actor brindo la información necesaria para el desarrollo matricial de la metodología empleada, la cual se consagra en el anexo 5, del presente documento.

Matriz de comparacion; Vectores de prioridad				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,316	0,294	0,333	0,293
Comuna 2	0,184	0,192	0,182	0,185
Comuna 3	0,119	0,157	0,127	0,125
Comuna 4	0,135	0,075	0,063	0,103
Comuna 5	0,069	0,075	0,064	0,102
Comuna 6	0,060	0,075	0,064	0,068
Comuna 7	0,054	0,075	0,064	0,056
Comuna 8	0,032	0,043	0,057	0,032
Comuna 9	0,030	0,014	0,046	0,036
<b>vector de Prioridad</b>	<b>0,59</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>

Figura 44. Matriz de comparación de vectores de prioridad caso Ejército Nacional  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 43 se observa la importancia que el actor del batallón postulo para cada uno de los criterios en cuestión, empezando con la densidad poblacional como la de criterio de mayor riesgo con un porcentaje de 59%, seguido por la geología de la ciudad con un porcentaje del 17%, la infraestructura y antecedentes sísmicos con un porcentaje de 12% y finalmente el criterio de menor relevancia dentro de los evaluados es el de estructura vial con un 12%; estos resultados se lograron gracias a la información inicial brindada por los conocimientos previos del batallón.

Matriz normalizada criterios y alternativas				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
Comuna 1	0,186	0,051	0,040	0,036
Comuna 2	0,108	0,033	0,022	0,022
Comuna 3	0,070	0,027	0,015	0,015
Comuna 4	0,079	0,013	0,008	0,012
Comuna 5	0,041	0,013	0,008	0,012
Comuna 6	0,035	0,013	0,008	0,008
Comuna 7	0,032	0,013	0,008	0,007
Comuna 8	0,019	0,008	0,007	0,004
Comuna 9	0,017	0,002	0,006	0,004

Figura 45. Matriz normalizada de criterios y alternativas, caso ejército nacional.  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 44 se muestra cómo se comporta la matriz relacionando cada uno de los criterios con las alternativas propuestas dando como resultado el vector promedio final que se representa en la figura 45, dando a conocer cual comuna del municipio de Popayán presenta mayor riesgo de sufrir algún desastre natural según lo planteado por el método AHP.

	vector promedio final
Comuna 1	0,312
Comuna 2	0,185
Comuna 3	0,127
Comuna 4	0,112
Comuna 5	0,074
Comuna 6	0,064
Comuna 7	0,059
Comuna 8	0,037
Comuna 9	0,030

Figura 46. Vector promedio final caso Ejercito Nacional  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 47 se presenta la gráfica de las alternativas priorizadas según los conocimientos y la información previa que suministró el actor del batallón, el cual asigno a la comuna 1 como la de mayor riesgo, seguido por la comuna dos y finalizando con las comunas 8 y 9 como las de menos riesgo.

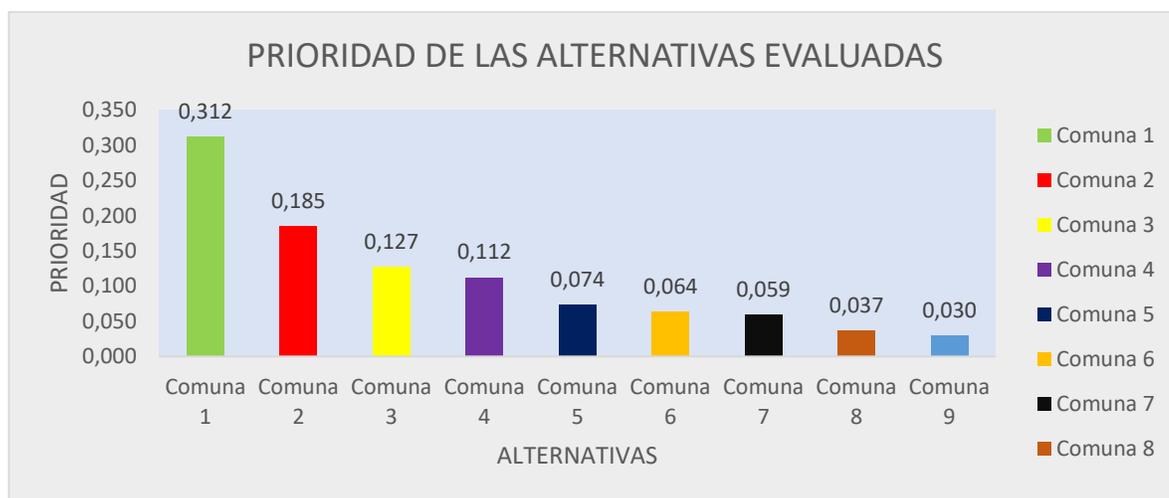


Figura 47. Prioridad de las alternativas evaluadas caso Ejercito Nacional.  
Fuente: elaboración propia.

### 5.5.1. Alternativa selecciona por el método AHP

Con la información inicial brindada por los actores vinculados a la investigación se logra implementar el método de localización postulado por la metodología AHP, obteniendo los resultados por cada evaluador representados en la figura 47; resultados con los cuales se procede a realizar un ponderado general el cual permitirá determinar la comuna de mayor riesgo ante un desastre natural en el municipio de Popayán.

VECTORES PROMEDIO					
	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	PROMEDIO
Comuna 1	0,269	0,274	0,202	0,312	0,264
Comuna 2	0,213	0,204	0,223	0,185	0,206
Comuna 3	0,138	0,132	0,161	0,127	0,139
Comuna 4	0,135	0,108	0,125	0,112	0,120
Comuna 5	0,077	0,082	0,075	0,074	0,077
Comuna 6	0,062	0,068	0,076	0,064	0,067
Comuna 7	0,045	0,058	0,055	0,059	0,054
Comuna 8	0,033	0,047	0,049	0,037	0,042
Comuna 9	0,027	0,026	0,034	0,030	0,029

Figura 48. Resultados de los actores evaluadores  
Fuente: elaboración propia

En la figura 48 se muestra los resultados obtenidos por cada actor el cual desarrollo el papel de evaluador, esta figura indica el ponderado final que se obtuvo de cada evaluador con respecto a cada alternativa postulada por el método AHP; una vez teniendo el resultado de cada evaluador se obtiene un promedio de cada evaluador con respecto a cada una de las alternativas por ejemplo para la comuna 1 el promedio de los evaluadores fue de 0,264, como se enseña en la figura 48.

VECTOR PEOMEDIO FINAL	
Comuna 1	0,264
Comuna 2	0,206
Comuna 3	0,139
Comuna 4	0,120
Comuna 5	0,077
Comuna 6	0,067
Comuna 7	0,054
Comuna 8	0,042
Comuna 9	0,029

Figura 49. Vector promedio final: resultado de los actores evaluadores.  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 48 se muestra el vector final de todos los evaluadores involucrados en la investigación, valores que se representan en la figura 49.

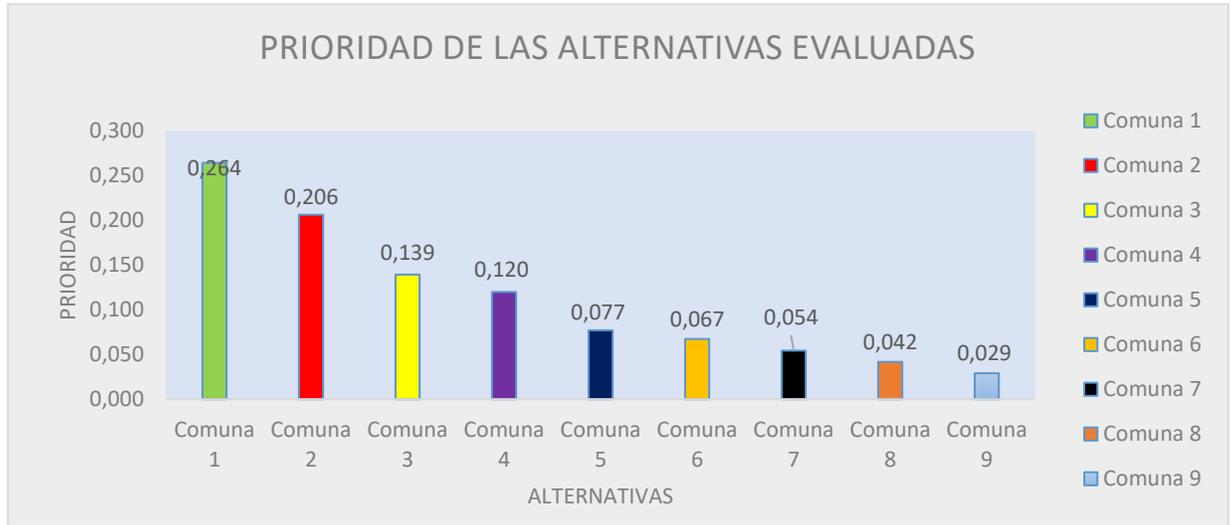


Figura 50. Resultados de las alternativas de selección.  
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, dentro de figura 50, se representa la gráfica del ponderado final del vector promedio, el cual indica el nivel de riesgo que presenta cada comuna, en este caso como se muestra en la figura la comuna 1 presentaría mayor riesgo a sufrir algún tipo de desastre natural, según los criterios postulados por la investigación y el conocimiento de los actores involucrados dentro del proyecto, los cuales fueron evaluados por los mismos.

## 5.6. Capacidad del centro logístico

Para estimar la capacidad de kits de ayuda humanitaria que podría albergar el centro logístico ubicado en el municipio de Popayán se realizan estimaciones bajo pronósticos establecidos por el total de habitantes y su densidad poblacional, datos que se toman del censo más reciente del departamento nacional de planeación como se muestra a continuación en la figura 50.

**Tabla 14.** Proyección poblacional del municipio de Popayán.

PROYECCIONES DE LA POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN						
PROYECCIONES DE POBLACIÓN A NIVEL MUNICIPAL. PERIODO 2018 - 2035.						
Código	Departamento	Ciudad	Año	Total Hombres	Total Mujeres	Total de la población
19	Cauca	Popayán	2018	152.710	165.349	318.059
19	Cauca	Popayán	2019	154.671	167.320	321.991
19	Cauca	Popayán	2020	156.375	169.102	325.477
19	Cauca	Popayán	2021	157.572	170.567	328.139
19	Cauca	Popayán	2022	158.728	172.022	330.750
19	Cauca	Popayán	2023	159.896	173.486	333.382
19	Cauca	Popayán	2024	160.575	174.359	334.934
19	Cauca	Popayán	2025	161.025	175.059	336.084
19	Cauca	Popayán	2026	161.469	175.720	337.189
19	Cauca	Popayán	2027	161.955	176.422	338.377
19	Cauca	Popayán	2028	162.454	177.133	339.587
19	Cauca	Popayán	2029	163.017	177.871	340.888
19	Cauca	Popayán	2030	163.592	178.638	342.230
19	Cauca	Popayán	2031	164.207	179.405	343.612
19	Cauca	Popayán	2032	164.768	180.136	344.904
19	Cauca	Popayán	2033	165.280	180.824	346.104
19	Cauca	Popayán	2034	165.775	181.475	347.250
19	Cauca	Popayán	2035	166.235	182.039	348.274

Fuente: adaptado de: DANE proyección poblacional 2020 [145]

Según la UNGRD la ayuda alimentaria debe iniciarse de manera inmediata, prevista para las primeras 48 horas hasta los tres meses para así restaurar y/o mantener el nivel de consumo de alimentos de las personas afectadas como consecuencia de las emergencias y/o desastres, para evitar el deterioro de su situación nutricional. Cada familia censada y catalogada como afectada deberá recibir asistencia alimentaria, en las primeras horas establecidas después de ocurrido el evento, el cual por su composición tendrá una duración promedio de 8 a 10 días en un núcleo familiar estándar no superior de 5 integrantes.[146]

Las ayudas humanitarias en emergencias (AHE) están conformadas por: kits de alimentos, de aseo, de cocina y de noche por familia (para 5 personas)

Tabla 15. Dimensiones de los kits de ayuda humanitaria

Dimensiones de los kits			
Medidas	Ancho (W)	Largo(L)	Alto (h)
Kit de alimentos	30 cm	30 cm	23,2 cm
Kit de aseo	34,2 cm	24 cm	28,4 cm
Kit de cocina	30 cm	30 cm	23,2 cm
Kit de noche	30 cm	30 cm	23,2 cm

Fuente: Adaptado de: Manual de Logística para la Atención de Emergencias 2019 [146]

De igual forma en la figura 51 se estipula un acercamiento sobre la forma de las cajas de los kits de ayuda humanitaria

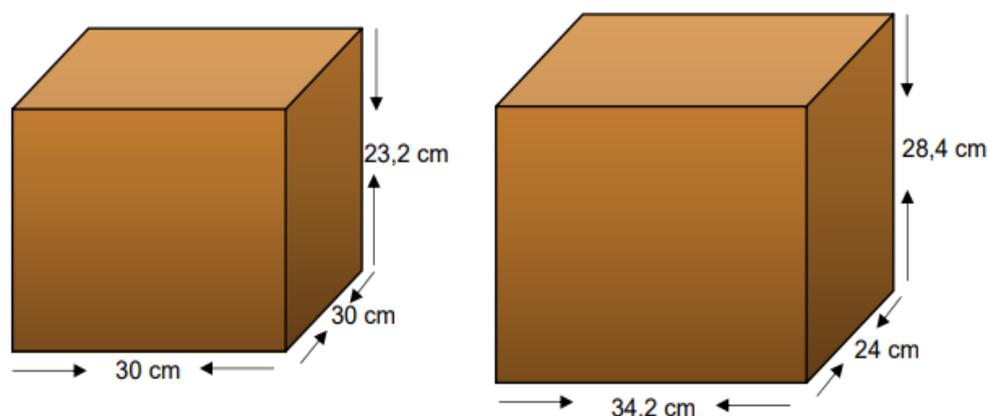


Figura 51. Dimensiones de los cuatro tipos de Kit.

Fuente: Adaptado de Diseño y localización de centros logísticos humanitarios en el departamento de Cauca 2018 [79]

Para determinar la capacidad mínima que podrá abarcar el centro logístico en relación al espacio que ocupan los kits de ayuda humanitaria y teniendo en cuenta la información anterior, se realiza una proyección de la población hasta el año 2035, dentro de la cual se determina la cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado, así como el número de los grupos familiares estipulados por la UNGRD para la recepción de los tipos de kits de ayuda humanitaria en el municipio de Popayán.

**Tabla 16. Proyección densidad Poblacional**

Departamento	Ciudad	Año	Total de la población	Extensión del territorio en Km2	Densidad Poblacional	grupos familiares
Cauca	Popayán	2018	318.059	512	621,209	5
		2019	321.991		628,889	
		2020	325.477		635,697	
		2021	328.139		640,896	
		2022	330.750		645,996	
		2023	333.382		651,137	
		2024	334.934		654,168	
		2025	336.084		656,414	
		2026	337.189		658,572	
		2027	338.377		660,893	
		2028	339.587		663,256	
		2029	340.888		665,797	
		2030	342.230		668,418	
		2031	343.612		671,117	
		2032	344.904		673,641	
		2033	346.104		675,984	
2034	347.250	678,223				
2035	348.274	680,223				

Fuente: elaboración propia 2021.

Teniendo la información correspondiente se procede a realizar el cálculo del área total que tiene las cajas de los kits representadas en la figura 51, lo que conlleva a determinar que el kit de aseo tenga un área de 9,71m<sup>2</sup> y el kit de alimentos cocina y noche tenga un área de 6,96 m<sup>2</sup> cada uno, para un área de 20,88 m<sup>2</sup>, lo que genera un área total de ocupación de espacio por los kits de 30,59 m<sup>2</sup> cómo se representa en la figura 53.

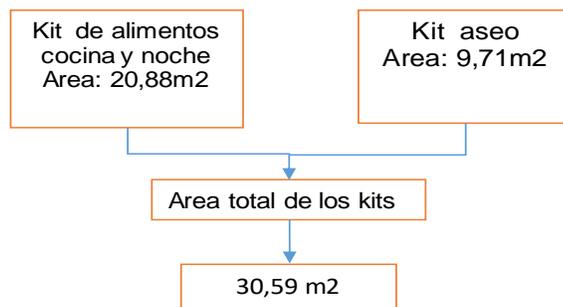


Figura 52. área total de los kits.  
Fuente: elaboración propia.

Según el programa de estandarización de ayuda humanitaria de la UNGRD cada familia censada y catalogada como afectada deberá recibir asistencia alimentaria, en las primeras horas establecidas después de ocurrido el evento, el cual por su composición tendrá una duración promedio de 8 a 10 días en un núcleo familiar estándar no superior de 5 integrantes, por lo cual se procede a calcular el número de núcleos familiares que se verían beneficiados, teniendo como base la población proyectada para el 2021, la cual arroja 65.628 núcleos familiares para el municipio de Popayán como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 17.** Total de grupos familiares beneficiarios de los dos tipos de Kits por año

Ciudad	Año	Total de la población	grupos familiares	Total grupos familiares
Popayán	2018	318.059	5	63.612
	2019	321.991		64.398
	2020	325.477		65.095
	2021	328.139		65.628
	2022	330.750		66.150
	2023	333.382		66.676
	2024	334.934		66.987
	2025	336.084		67.217
	2026	337.189		67.438
	2027	338.377		67.675
	2028	339.587		67.917
	2029	340.888		68.178

Fuente: elaboración propia.

Con relación a la información anterior se tiene que un kit de aseo que tiene un área de 9.71 es suficiente para un núcleo familiar de 5 personas como lo estipula la UNGRD, para este caso utilizamos la proyección poblacional del 2021, donde se evidencia que existirían alrededor de 65.628 núcleos familiares a los cuales se le atribuirían 637.247 metros cuadrados, los cuales serán ocupados por los kits de aseo.

At: Área total ocupada por los kits

Nf: Núcleo Familiar

m<sup>2</sup>: Indica el área que ocuparían los kits

$$AT = \frac{65.628Nf * 9.71m^2}{1Nf} = 637.247 m^2$$

Siguiendo la misma metodología y como se enuncia en la figura 53 los kits de alimentos, cocina y de noche, presentan iguales dimensiones las cuales estipulan un área general de 20,88 m<sup>2</sup>, la cual corresponde a la ocupación de kits para un núcleo familiar, pero para este caso se tiene proyectado para 65.628 núcleos familiares lo que corresponde a un área de ocupación de 1.370 312 metros cuadrados equivalentes a la ocupación de los tres tipos de kits de ayuda humanitaria.

$$AT = \frac{65.628Nf * 20,88m^2}{1Nf} = 1.370.312m^2$$

Finalmente, con el área de ocupación calculada para los diferentes tipos de kits expuestos anteriormente, se postula que el área total de ocupación de los kits para la población del municipio de Popayán, la cual se encuentra alrededor 2.007.554 metros cuadrados, de igual forma se hace una proyección hasta el 2035 de la posible ocupación que se tendrá tal y como se evidencia en la tabla 18.

Tabla 18. Área total de ocupación por los kits

Ciudad	Año	Total grupos familiares	Área kit de aseo	Área total ocupadas por los kits	Kit de cocina, noche y alimentos	Área total ocupadas por los kits	Área total de ocupación
Popayán	2018	63.612	9,71	617.671	20,88	1.328.214	1.945.885
	2019	64.398		625.307		1.344.634	1.969.941
	2020	65.095		632.076		1.359.192	1.991.268
	2021	65.628		637.246		1.370.308	2.007.554
	2022	66.150		642.317		1.381.212	2.023.529
	2023	66.676		647.428		1.392.203	2.039.631
	2024	66.987		650.442		1.398.684	2.049.126
	2025	67.217		652.675		1.403.487	2.056.162
	2026	67.438		654.821		1.408.101	2.062.922
	2027	67.675		657.128		1.413.062	2.070.190
	2028	67.917		659.478		1.418.115	2.077.593
	2029	68.178		662.004		1.423.548	2.085.553
	2030	68.446		664.611		1.429.152	2.093.763
	2031	68.722		667.295		1.434.924	2.102.218
	2032	68.981		669.804		1.440.319	2.110.123
	2033	69.221		672.134		1.445.330	2.117.464
	2034	69.450		674.360		1.450.116	2.124.476
	2035	69.655		676.348		1.454.392	2.130.740

Fuente: elaboración propia

Como se representa en la tabla 18, existe una proyección de la capacidad que deberá tener el centro logístico hasta el año 2.035, la cual corresponde a 2.130.740, pero en la actualidad la capacidad del centro logístico deberá estar por encima de 2.007.554 metros cuadrados, debido a que este valor es el mínimo requerido por la proyección realizada, para satisfacer correctamente con los kits de ayuda humanitaria a los habitantes del municipio de Popayán.

## 6. Conclusiones

En este documento se observa los alcances que tiene la logística humanitaria para salvaguardar vidas y protegerlas ante un desastre natural; las operaciones de logística humanitaria posterior al desastre parte de la respuesta a las actividades de recuperación a corto plazo en situaciones caóticas donde las necesidades son de vida o muerte y los recursos en su mayoría son escasos.

De igual forma se aborda el sistema de toma de decisiones ya que en la actualidad existe un entorno donde se debe elegir una opción sobre múltiples opciones, lo que conlleva a que sea cada vez más complejo, por lo que en algunos casos o en su mayoría es necesario el uso de expertos en diversos campos, en muchos de estos entornos de toma de decisiones, la teoría de la toma de decisiones como el caso del análisis de proceso jerárquico (AHP) puede ser útil.

En este proyecto de investigación se determina la localización estratégica del Centro Logístico Humanitario (CLH) del municipio de Popayán, para la atención de emergencias ante la ocurrencia de desastres naturales en el departamento del Cauca, utilizando la metodología AHP como herramienta estratégica de ubicación,

Por lo cual, dando cumplimiento a los objetivos planteados en la presente investigación se describe los aspectos resultantes de cada uno de ellos:

Partiendo de la teoría revisada se lograron identificar los actores involucrados dentro de la cadena logística humanitaria del municipio de Popayán, la cual está encabezado por UNGRD municipal y de los cuales fueron participes cuatro actores fundamentales que fueron: Los bomberos de Popayán, la defensa civil, los scouts y el batallón del ejército del municipio de Popayán.

De igual forma, con la ayuda de los actores involucrados se logra realizar una aproximación a la jerarquización del método de decisión multicriterio o metodología AHP, definiendo como objetivo identificar la zona de mayor riesgo ante un caso de ocurrencia de desastre natural, teniendo en cuenta los criterios y subcriterios del proyecto de investigación como la densidad poblacional (número de manzanas, número de barrios, número de habitantes), geología de la ciudad (fallas geológicas, ríos y quebradas que atraviesan las comunas), infraestructura de antecedentes sísmicos (número de viviendas, tipo de estructuras de las viviendas) y estructura vial (tipo de vías y estado de las vías), criterios que fueron socializados con los actores logísticos mencionados, del mismo modo estos criterios se evaluaron en las nueve alternativas las cuales corresponden a las comunas del municipio de Popayán. De igual forma se contó con el apoyo de los actores durante el proceso de jerarquización del método.

Se logra realizar el proceso de jerarquización de la metodología y el proceso de calificación de la matrices del método AHP, mediante reuniones virtuales con los actores seleccionados (debido a la pandemia generada por el covid-19, transcurrida

durante el periodo de desarrollo del proyecto), para que con la ayuda de su experiencia y la información brindada por el proyecto se obtengan los resultados matriciales necesarios que permitieron determinar la comuna de mayor riesgo; la cual una vez tabulando los resultados obtenidos por las calificaciones de los actores arrojó la alternativa número uno (1) como la alternativa a presentar mayor riesgo, seguida por la alternativa número dos (2), resultado que indica que el CLH no es ideal localizarlo en la comuna 1 o dos en relación a los criterios establecidos y evaluados por actores involucrados dentro del proyecto.

De igual forma se evidenció que la alternativa número (9) es la que menor riesgo presentaría seguida por la alternativa número ocho (8) según los resultados obtenidos de la metodología implementada; cabe resaltar que la población mayor afectada se encuentra en las alternativas uno y dos respectivamente, por lo que según apreciaciones de la UNGRD el CLH deberá localizarse cerca a la población más afectada geográficamente, lo que indica a la alternativa número 9 perteneciente a la comuna nueve (9) será la indicada para la localización del CLH, además cabe resaltar que esta comuna tiene una cercanía ideal con el aeropuerto y la terminal de transportes del municipio de Popayán, tener diferentes vías de acceso.

Asimismo, se determinó la capacidad mínima que debe tener el CLH en relación a las proyecciones de la población actual, a la densidad poblacional y los kits de ayuda utilizados ante una emergencia de desastre natural, lo que arrojó que el centro logístico deberá tener como mínimo una extensión de 2.007.554 metros cuadrados, debido a que este valor representa el área total ocupada por los kits de ayuda humanitaria proyectados para la población del año 2021.

Finalmente, con la implementación del método AHP se observó como este posee una flexibilidad, la cual facilita el entendimiento de la situación de los problemas. Lo que permite llevar a cabo un proceso ordenado y gráfico de las etapas requeridas en la toma de decisiones. Asimismo, el método AHP permitió analizar por separado la contribución de cada componente del modelo respecto al objetivo general planteado por el proyecto.

## **7. Trabajos futuros.**

Como trabajos futuros tomaría relevancia el analizar y evaluar la localización del centro logístico humanitario dentro de la comuna 9, puesto que esta es la zona de menor riesgo en el municipio de Popayán; ubicarlo de forma y en un lugar estratégico que cumpla con la capacidad poblacional en el momento de un desastre natural.

Teniendo en cuenta las consideraciones que se plantean en este documento, sería importante como trabajo futuro estudiar la consistencia de los resultados obtenidos, complementar la investigación de logística humanitaria con un estudio y análisis de costos de transporte, ruteo entre puntos de demanda y modelos matemáticos para la operación y creación de centros de distribución de kits de ayuda humanitaria (AHE).

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. de ordenamiento Territorial, “Mitigación de Riesgos.” 2017.
- [2] “13769 @ revistas.udea.edu.co.” p. Modelo de Localización dinámica de nodos logístico, 2011.
- [3] J. C. López-Vargas and D. M. Cárdenas-Aguirre, “Gestión de la logística humanitaria en las etapas previas al desastre: revisión sistemática de la literatura,” *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, vol. 7, no. 2, pp. 203–216, 2017.
- [4] U. Nacional, “Mecanismos de coordinación para la optimización del desempeño de la cadena logística humanitaria mediante modelamiento estocástico,” 2016. .
- [5] J. & Bartlett, “GESTIÓN DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EN ATENCIÓN DE DESASTRES - UNGRD,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [6] D. F. Sanchez, “Propuesta de un modelo de gestión en la Logistica Humanitaria,” vol. 4, pp. 9–15, 2017.
- [7] J. Paola and V. Perneth, “Ciencia Unisalle Formulación de un modelo de logística humanitaria para el transporte y distribución de ayudas utilizando programación entera mixta en la ciudad de Bogotá D . C .,” 2019.
- [8] J. Moreno, “El Proceso Análítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodologías y aplicaciones.,” *Recta monográfico*, vol. 1, pp. 21–53.
- [9] V. Roy, S. Agarwal, S. Kumar, and P. Charan, “Selection of Post-Disaster Humanitarian Logistics Structure Using AHP Approach,” 2016.
- [10] S. A. Berumen and F. L. Redondo, “La utilidad de los métodos de decisión multicriterio ( como el AHP) en un entorno de competitividad creciente.,” vol. 20, no. 34, pp. 65–87, 2017.
- [11] D. de D. R. y M. A. OEA, “Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños.,” pp. 1–145, 1991.
- [12] D. Bitran, “Impacto económico de los desastres naturales en la infraestructura de salud,” 1996.
- [13] B. D. Omar, “Manual Para la Evaluación de Desastres.”
- [14] DNP, “Índice Municipal de Riesgo de Desastres de Colombia,” *Documento*

CONPES 3582, p. 69, 2018.

- [15] DNP, “Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades,” *Departamento Nacional de Planeación*, p. 160, 2018.
- [16] L. F. Mejía, “Índice Municipal de riesgo de desastres de Colombia.” 2018.
- [17] O. Paredes Zapata, “Servicio Geológico Colombiano.” 2019.
- [18] Oficina Asesora de Gestión del Riesgo de Desastres municipal., “Informe preliminar de deslizamientos y desbordamientos de ríos y quebradas ocurridos en Popayán.” 2019.
- [19] G. D. Escobar, “Riesgo sísmico: los terremotos,” *III Foro Científico Colrosario 75 años - Área de Matemáticas*, vol. 2010, pp. 1–41, 2007.
- [20] Alcaldía de Popayán, “Formulación de plan municipal de gestión de riesgos de desastres del municipio de Popayán.” 2017.
- [21] Alcaldía De Popayán Cauca Universidad Del cauca and O. A. G. Del Risgo, “Informe Técnico Con Mapas De Intervención Y Planes De Acción De Los Escenarios De Riesgo Priorizados ‘Caracterización De Escenarios.’” p. <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/69985>, 2017.
- [22] Alcaldía de Popayán, “Justificación técnica para la priorización de escenarios de riesgo del municipio de Popayán.” 2017.
- [23] Diagnosticos Logisticos, “Logísticas en Areas de Desastre.” 2010.
- [24] J. D. D. Uriarte Arcineaga, “La resiliencia. Una nueva perspectiva en psicopatología del desarrollo Resilience. A new perspective into developmental psychopathology,” *Revista de Psicodidáctica*, vol. 10, no. 2, pp. 61–79, 2005.
- [25] R. O. Sergio A., “Logística aplicada a la atención de desastres.” 2014.
- [26] D. Kalenatic, L. H. M. Méndez, K. V. M. Valbuena, and L. J. G. Rodríguez, “Metodología de planeación logística basada en gestión de proyectos y dinámica de sistemas en empresas prestadoras de servicios,” *Revista Facultad de Ingenieria*, no. 58, pp. 208–218, 2011.
- [27] L. Özdamar and M. A. Ertem, “Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics,” *European Journal of Operational Research*, vol. 244, no. 1, pp. 55–65, 2015.
- [28] D. F. Sanches Valencia, “Propuesta de un modelo de gestión en logística

humanitaria para el cuerpo de infantería de marina de la Armada Nacional de Colombia: caso inundaciones en el departamento del Cauca,” *Ekp*, vol. 13, no. 3, pp. 1576–1580, 2017.

- [29] G. Orsi, “Diseño logístico de un Centro de Distribución,” *Consultora Logística*, pp. 1–3, 2007.
- [30] G. Garduño, “Macro localización y Micro localización.” 2012.
- [31] Escuela Técnica de Ingenieros de Sevilla, “El método AHP,” pp. 46–49, 2017.
- [32] E. H. Soto and G. San Martín, “Exogoninae (Annelida: Syllidae) from Chilean Patagonia,” *Zootaxa*, vol. 4353, no. 3, pp. 521–539, 2017.
- [33] Varnero et al., “SciELO @ SciELO.Conicyt.Cl,” *Rev. méd. Chile*, vol. 129, pp. 647–652, 2001.
- [34] R. Mori Villafranqui, K. Ramos Menendez, and M. Rivas Oneglio, “Logística humanitaria: optimización de red de distribución de bienes de ayuda humanitaria en el proceso de respuesta ante huacos en Chosica,” *Repositorio de la Universidad del Pacífico - UP*, 2017.
- [35] D. E. Gestí et al., “CENTRO LOGÍSTICO HUMANITARIO – CLH-”, YA ES MARCA REGISTRADA,” no. 02, 2018.
- [36] L. Cubana, “Desastres Naturales,” pp. 101–114, 2009.
- [37] U. N. para la G. del R. de Desastres, “pagina @ www.gestiondelriesgo.gov.co,” 2021. .
- [38] U. de Norte, “usaid-atencion-a-desastres @ www.uninorte.edu.co,” *Preparación para Emergencias*, 2020. .
- [39] UNGRD, *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. 2017.
- [40] N. Eduardo and F. Oviedo, “Desarrollo de la logística humanitaria: una revisión de la literatura Development of humanitarian logistics: a review of the literature,” vol. 3, pp. 317–339, 2018.
- [41] H. Yaman et al., *Metodología de la investigación*, vol. 1, no. 1. 2018.
- [42] J. Chandés and G. Paché, “To Ponder on the Collective Actions in the Context of Humanitarian Logistics: Lessons from the Earthquake in Pisco,” *Journal of Economics, Finance ...*, vol. 14, pp. 47–62, 2009.
- [43] J. P. Antún, “Distribución Urbana de Mercancías: Estrategias con Centros

Logísticos Distribución Urbana de Mercancías: Estrategias con Centros Logísticos,” 2013.

- [44] L. Mazón, D. Villao, W. Nuñez., and M. Serrano, “Análisis de punto de equilibrio en la toma de decisiones de un negocio: caso Grand Bazar Riobamba-Ecuador,” *Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial*, vol. III, no. 8, pp. 14–24, 2017.
- [45] V. N. E. Roberto, *Investigación operativa, modelos de localización*, Primera ed. 2018.
- [46] D. Soto-De La Vega, G. Vidal-Vieira, & Eli, and A. Vitor-Toso, “Methodology for distribution centers location through multicriteria analysis and optimization Metodología para localización de centros de distribución a través de análisis multicriterio y optimización,” *Dyna*, vol. 81, no. 184, pp. 28–35, 2014.
- [47] Ž. Stevi, S. Veskovi, M. Vasiljevi, and G. Tepi, “The selection of the logistics center location using AHP method,” pp. 86–91, 2015.
- [48] resitha mei Nandasari, “Modelos de Localización- asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables.,” *Tetrahedron Letters*, vol. 11, no. 3, pp. 296–300, 2015.
- [49] M. Tavella, A. Miropolsky, and R. Manera, “Estudio Comparativo de Métodos Multicriterio para el análisis de la Localización Sustentable de Parques Industriales Regionales,” *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 1, no. 1, pp. 41–48, 2014.
- [50] B. Muñoz, “Investigación Aplicación de métodos de decisión multicriterio discretos al análisis de alternativas en estudios informativos de infraestructuras de transporte.,” pp. 27–46, 2016.
- [51] A. Awasthi, S. S. Chauhan, and S. K. Goyal, “A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty,” *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 53, no. 1–2, pp. 98–109, 2011.
- [52] C. Kahraman and U. Cebeci, “Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP Article information :,” no. October 2014, 2017.
- [53] K. Eylem and H. A. Burhan, “An Application of Analytic Hierarchy Process ( AHP ) in a Real World Problem of Store Location Selection,” vol. 5, no. 1, pp. 41–50, 2015.
- [54] C. C. Sánchez, P. Universidad, P. Universidad, L. A. Casas, and P. Universidad, “Localización de almacenes y distribución de ayuda humanitaria

- para atención de damnificados en caso de desastre natural,” pp. 1–10, 2013.
- [55] V. Tomić, D. Marinković, and D. Marković, “The selection of logistic centers location using multi-criteria comparison: Case study of the Balkan Peninsula,” *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 11, no. 10, pp. 97–113, 2014.
- [56] I. Brito Junior and A. Leiras, “Stochastic optimization applied to the repositioning of disaster relief supply decisions in Brazil,” pp. 1–10.
- [57] M. Saeedpoor and A. Vafadarnikjoo, “Corrigendum to ‘ Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology : The case of Istanbul ,’” *Energy*, vol. 79, pp. 536–537, 2015.
- [58] J. Holguín-Veras, N. Pérez, M. Jaller, L. N. Van Wassenhove, and F. Aros-Vera, “On the appropriate objective function for post-disaster humanitarian logistics models,” *Journal of Operations Management*, vol. 31, no. 5, pp. 262–280, 2013.
- [59] B. Ceballos, M. T. Lamata, and D. A. Pelta, “A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods,” *Progress in Artificial Intelligence*, vol. 5, no. 4, pp. 315–322, 2013.
- [60] T. L. Saaty and M. Hall, “The seven pillars of the analytic hierarchy process,” *International Series in Operations Research and Management Science*, vol. 175, no. August, pp. 23–40, 2017.
- [61] A. Hierarchy, “Proceso Analítico Jerárquico ( Analytic Hierarchy,” pp. 1–5, 2021.
- [62] B. Drozino, F. B. R. Oliveira, and M. M. A. Samed, “Método Ahp Aplicado Ao Problema De Localização De Uma Central De Assistência Para Situações Emergenciais No Estado Do Paraná,” *Revista Tecnológica*, vol. 24, no. 1, p. 131, 2015.
- [63] E. Van Der Laan, J. A. E. E. Van Nunen, and L. N. Van Wassenhove, “Quantitative models for reverse logistics : A review,” vol. 0, no. 97, 2017.
- [64] V. Subramaniam, G. K. Lee, G. S. Hong, Y. S. Wong, and T. Ramesh, “Dynamic selection of dispatching rules for job shop scheduling,” *Production Planning and Control*, vol. 11, no. 1, pp. 73–81, 2000.
- [65] T. L. Saaty, “How to make a decision,” *International Series in Operations Research and Management Science*, vol. 175, pp. 1–21, 2012.
- [66] H. OGILVIE, “Nursing the whole patient.,” *Nursing mirror and midwives journal*, vol. 92, no. 2374, pp. 5–6, 1950.

- [67] C. Romero, *Decisiones Multicriterio*. 1996.
- [68] C. Kahraman, "Multiattribute Warehouse Location Selection in Humanitarian Logistics Using Hesitant Fuzzy Ahp," *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, vol. 8, no. 2, 2016.
- [69] L. Yagmur, "Multi-criteria evaluation and priority analysis for localization equipment in a thermal power plant using the AHP ( analytic hierarchy process )," *Energy*, vol. 94, no. 2016, pp. 476–482, 2015.
- [70] G. De Mare, P. Morano, and A. Nesticò, "Multi-Criteria Spatial Analysis for the Localization of Production Structures . Analytic Hierarchy Process and Geographical Information Systems in the Case of Expanding an Industrial Area," no. May 2014, pp. 298–307, 2012.
- [71] A. Verma and G. M. Gaukler, "Pre-positioning disaster response facilities at safe locations: An evaluation of deterministic and stochastic modeling approaches," *Computers and Operations Research*, vol. 62, no. March, pp. 197–209, 2015.
- [72] J. R. Medina, R. L. Romero, and G. A. Pérez, "Plant site selection: Critical review and adequation criteria used in this decision," *Revista Mexicana de Ingeniera Qumica*, vol. 8, no. 3, pp. 271–274, 2009.
- [73] M. A. Chávez Orduña, "ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN PARA UNA EMPRESA FABRICANTE DE HERRAMIENTALES," 2010.
- [74] P. C. Manyoma-Velásquez, M. A. Pardo-Colorado, and P. Torres-Lozada, "Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas multicriterio," *Ingeniería y Universidad*, vol. 17, no. 2, pp. 443–461, 2013.
- [75] V. R. Serpa Oshiro, "Optimización y localización de almacenes de abastecimiento para la atención de un terremoto de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao," *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 2014.
- [76] M. Ayala Vasquez, M. Angela, and P. Bacca, "" Fortalecimiento Del Proceso Logistico En La Cadena De Abastecimiento De La Atencion De Incidentes Y Apoyo Humanitario " ' Strengthening Process in Logistics Supply Chain of Care and Support Humanitarian Incident,'" pp. 1–42, 2014.
- [77] R. Andrés, G. Montoya, A. Z. Mazo, G. Luz, and V. Noreña, "Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos AHP method used to improve receiving in distribution center of a food company," vol. 6, no. 2, pp. 5–14, 2015.

- [78] N. Hamidy, H. Alipur, S. N. H. Nasab, A. Yazdani, and S. Shojaei, "Spatial evaluation of appropriate areas to collect runoff using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information System (GIS) (case study: the catchment 'Kasef' in Bardaskan," *Modeling Earth Systems and Environment*, vol. 2, no. 4, pp. 1–11, 2016.
- [79] J. M. Cordoba and W. A. Ordoñez, "DISEÑO Y LOCALIZACIÓN DE CENTROS LOGÍSTICOS HUMANITARIOS (CLH) PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE ORIGEN NATURAL EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA JULIETA," *Tesis de grado*, vol. 2, no. file:///C:/Users/lenovo/Documents/practica/Dialnet-UbicacionYDimensionamientoComoParametrosEnEIDisen-4797377.pdf; file:///C:/Users/lenovo/Documents/practica/Dialnet-UbicacionYDimensionamientoComoParametrosEnEIDisen-4797377.pdf; file:///C:/Users/lenovo/Docum, pp. 5–10, 2019.
- [80] G. del Riesgo, "pagina @ www.gestiondelriesgo.gov.co." [Online]. Available: <http://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/pagina.aspx?id=13>.
- [81] G. del Riesgo, "pagina @ www.gestiondelriesgo.gov.co." .
- [82] Tecnicas de investigación, "Investigación exploratoria y sus características." 2021.
- [83] C. José *et al.*, "Dirección general Coordinación editorial y corrección de textos Comité editorial Edición investigativa Diseño gráfico editorial Martha Isabel Castañeda Curvelo Procuradora general de la nación," 2016.
- [84] O. de las N. U. para la R. del R. de Desastre, "Pérdidas económicas, pobreza y desastres," vol. 4, pp. 9–15, 2017.
- [85] Maiti and Bidinger, "Plan Departamental para la Gestion de Riesgo de Desastres Departamento del Cauca," *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 1981.
- [86] UNGRD, "Estructura @ portal.gestiondelriesgo.gov.co." .
- [87] UNGRD, "Estructura @ portal.gestiondelriesgo.gov.co." .
- [88] Alcaldia De Popayán-Cauca, "oficina asesora gestion del riesgo," 2020. [Online]. Available: <http://www.popayan.gov.co/ciudadanos/la-alcaldia/unidades-administrativas-e-instancias-de-gestion/oficina-asesora-gestion-del-riesgo>.
- [89] C. T. de Paz, "governacion del Cauca," *Base de datos oficina asesora para la gestión del riesgo de desatres, Popayán*, 2019. .

- [90] Maiti and Bidinger, “Estrategia Departamental para la Respuesta a Emergencias Departamento del Cauca,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699.
- [91] Maiti and Bidinger, “Estrategia Departamental para la Respuesta a Emergencias Departamento del Cauca,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 1981.
- [92] R. T. Sataloff, M. M. Johns, and K. M. Kost, “Plan de Emergencias,” vol. n.
- [93] J. H. Veras, “Vista de José Holguín Veras y la logística humanitaria.pdf.” .
- [94] D. C. Colombiana, “index @ www.defensacivil.gov.co.” .
- [95] A. de Popayan, “Comité-Vigilancia-en-Popayán @ www.popayan.gov.co.” .
- [96] CLOPAD, “Comité Local para la Prevención y atención de Desastres,” *AUTONOMA*, vol. 3, no. September, 2017.
- [97] C. R. Colombiana, “index @ www.cruzrojacaucu.org.” [Online]. Available: <https://www.cruzrojacaucu.org/>.
- [98] C. Popayan, “Cuerpo de bomberos Voluntarios de Popayan,” *index @ bomberospopayan.co*, 2021. [Online]. Available: <https://bomberospopayan.co/>.
- [99] S. L. de Valecia, “<https://www.hosusana.gov.co/transparencia-y-acceso-a-la-informacionhttp://popayan.gov.co/secinfraestructura/la-secretaria/funcioneshttp://popayan.gov.co/secinfraestructura/la-secretaria/funciones>,” 2021. [Online]. Available: <https://www.hosusana.gov.co/resena-historica>.
- [100] Alcaldía de Popayan, “Secretaría de infraestructura y mantenimiento vial funciones @ popayan.gov.co,” 2021. [Online]. Available: <http://popayan.gov.co/secinfraestructura/la-secretaria/funciones>.
- [101] OPS and OMS, “Manual para el manejo logístico de suministros humanitarios,” p. 126, 2000.
- [102] A. de Popayan, “Comité-Vigilancia-en-Popayán @ www.popayan.gov.co.” .
- [103] D. C. Colombiana, “index @ www.defensacivil.gov.co.” .
- [104] C. R. Colombiana, “index @ www.cruzrojacaucu.org.” .
- [105] C. Popayan, “Cuerpo de bomberos Voluntarios de Popayan,” *index @ bomberospopayan.co*, 2021. .

- [106] Alcaldía Municipal de Popayán, “Secretaria de transito y transporte del municipio de Popayán.” 2017.
- [107] N. Gaeta, “La intervención comunicativa para la reducción del riesgo de desastres,” p. 375, 2015.
- [108] M. : Colcha “k,” P. De Quemés, and S. Agustín, “Conformación Del Comité De Operaciones De Emergencia Comunal Coe-C,” pp. 1–9, 2005.
- [109] M. Unificado, “Guía de Conformación de ‘ Puesto de Mando Unificado – PMU ,” pp. 1–8, 2020.
- [110] R. L. Bonett Díaz, “Vulnerabilidad y daño sísmicos : concepto y evaluación,” *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*, pp. 9–46, 2003.
- [111] J. Colina Martínez and H. Ramírez de Alba, “Características de los sismos y sus efectos en las construcciones (primera de dos partes),” *CIENCIA ergo-sum*, vol. 6, no. 1, pp. 83–89, 1999.
- [112] A. C. de I. S. AIS, “Estudio General de Amenaza Sísmica,” pp. 1–229, 2009.
- [113] A. P. D. E. Datos, “Modelo Geométrico Del Foco Del Terremoto De Popayán (Colombia) a Partir De Datos Macrosísmicos,” *Boletín de Geología*, vol. 28, no. 2, pp. 93–109, 2006.
- [114] Ingeominas, “Catálogo Nacional de Movimientos en Masa,” p. 289, 2012.
- [115] L. F zarza, “Inundaciones.” 2017.
- [116] O. asesora de planeación de Popayán, “Zonificación de amenaza por movimientos en masa.” .
- [117] A. E. Rodríguez and E. Medina Bello, “Zonificación de amenaza por moviminetos en masa a partir de análisis de estabilidad por confiabilidad, zona urbana de Popayán.” 2017.
- [118] C. Vergara, E. A. Ellis, C. Alarcón, and U. Galván, “La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental,” *Política y Cultura*, no. 36, pp. 45–69, 2011.
- [119] L. Emilio and C. Chemor, *Centro Nacional de Prevención de Desastres ( CENAPRED )*. .
- [120] H. C. Acosta, “Las avenidas torrenciales una amenaza potencial en el valle de Aburrá.” *Gestión y Ambiente*, vol. 14, no. 3, pp. 45–50, 2012.

- [121] M. Hernández and M. Acevedo, *Causas de las avenidas torrenciales e inundaciones rápidas en el Departamento del Huila en los municipios de Algeciras , Campoalegre , Neiva y Rivera en Febrero del 2017 . Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Geólogo Autores .* 2019.
- [122] A. C. Reyes Rivero, A. D. J. Montilla Pacheco, P. G. Castillo Garcia, and M. N. Zambrano Vera, “Amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante eventos naturales. Factores socialmente construidos,” *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, vol. 1, no. 6, pp. 22–28, 2017.
- [123] O. Rojas and C. Martínez, “Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales,” *Revista Universitaria de Geografía*, vol. 20, pp. 83–116, 2011.
- [124] S. G. Colombiano, “mapa-de-amenaza @ www2.sgc.gov.co,” 2014. [Online]. Available: <https://www2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanPurace/Paginas/mapa-de-amenaza.aspx>.
- [125] B. Comercial and D. E. P. Pesqueros, “Actualizacion del mapa de amenaza volcánica del volcán Puracé actual,” 2016.
- [126] M. L. Monsalve, J. J. Galarza, I. Zuluaga, and C. A. Laverde, “Mapa De Amenaza Volcánica Del Volcán Puracé Actual (Cauca-Colombia) Segunda Versión (2014). Memoria,” p. 49, 2014.
- [127] SINCHI (Instituto Amazónico de Investigaciones científicas), “Indicador de densidad de población,” 2003.
- [128] M. Ruíz S. *et al.*, *Ciudad, espacio y población : el proceso de urbanización en Colombia.* 2007.
- [129] DANE, “Proyecciones De Poblacion Colombia.” 2018.
- [130] Enfasis.co, “Censo Poblacional DANE.” 2019.
- [131] B. Muñoz and L. Cifuentes, “Plan Operativo AIEPI del Municipio de Popayán,” p. 70, 2015.
- [132] P. Energético, C. D. E. Estudio, and C. D. E. La, “Caracterización de Tipologías urbanas a escala de barrio como parámetro energético. caso estudio: castellón de la plana,” pp. 1080–1090, 2016.
- [133] J. pablo Londoño, “Evaluación Holística De Riesgos Frente a Movimientos En Masa En Áreas Urbanas Andinas. Una Propuesta Metodológica,” *Boletín de Ciencias de la Tierra*, vol. 0, no. 20, pp. 53–72, 2007.

- [134] M. Geológico, D. E. L. Departamento, D. E. L. Cauca, and E. N. Revisión-, "Memoria explicativa mapa geológico del departamento del cauca," 2003.
- [135] Alcaldía Municipal de Popayán, "Municipio de popayan," p. 13, 2017.
- [136] Alcaldía Municipal de Popayán, "Formulación del plan municipal de gestión del riesgo de desastre del municipio de Popayán." 2017.
- [137] Alcaldía de Popayán, "historia de Popayán." 2019.
- [138] "Sismo de Popayán, Marzo 31 de 1983," p. 1983, 1983.
- [139] Concejo municipal de Popayán, "Normas urbanísticas," vol. 2002, 2002.
- [140] M. Acosta and P. Alarcón, "Análisis de la Cantidad y el Estado de las Vías Terciarias en Colombia y la Oportunidad de la Ingeniería Civil para su Construcción y Mantenimiento," *Universidad Católica de Colombia*, no. 9, pp. 1–181, 2017.
- [141] Alcaldía Municipal de Popayán, "Municipio de popayan," p. 56, 2017.
- [142] Alcaldía Municipal de Popayán, "Análisis vial- accesibilidad popayán."
- [143] T. L. Saaty and J. Wiley, "Capítulo Iii Proceso De Análisis Jerárquico (Ahp)," *Revista Digital UMMSM*, 2009.
- [144] Alcaldía Municipal de Popayán, "Plan municipal de gestión de riesgo de desastres." 2017.
- [145] DANE, "anexo-proyecciones-poblacion-Municipal\_Sexo\_2018-2035." .
- [146] UNGRD, *Manual de Logística para la Atención de Emergencias*. 2013.
- [147] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente," *Nsr-10*, vol. TITULO I, pp. 1–26, 2010.

# Anexos

## Anexo 1.



Facultad de ingeniería  
Programa: Ingeniería industrial.



Proceso Jerárquico Analítico

### Selección de comunas con mayor riesgo a presentar daños en caso de un deatre natural en el municipio de Popayán.

DATOS PERSONALES	
Nombre completo:	
Número de teléfono:	
Carrera profesional:	
¿ que entidad pública o privada pertenece usted?:	Corporación Universitaria Comfacauca - Unicomfauca
Carga que desempeña:	

#### INFORMACIÓN GENERAL

#### Logística Humanitaria aplicada en el municipio de Popayán.

El presente documento consta de una serie de tablas matriciales que permitirán determinar qué comunas del municipio de Popayán presentan mayor riesgo ante el caso de ocurrir un desastre natural

Con la información obtenida de los actores u organismos de socorro de popayan se lograra conocer estrategias aplicadas a la gestión no solo de la cadena de suministro humanitaria, sino a la gestión de recursos y de convergenia de bienes de ayuda en situaciones de alta inestabilidad y desconocimiento de la demanda, para optimizar y priorizar la cantidad de suministros necesarios, con el propósito de lograr una distribución más eficiente. La información requerida procura cubrir los siguientes aspectos:

1. Tiempos: Desplazamiento, atención, transporte, alistamiento de ayudas.
2. Demanda: Cantidad población afectada, ubicación de la población, consumos.
3. Volúmenes: Cantidades de ayuda recibida, despachada, alistada, almacenada.
4. Costos: Transporte y persona

Para la calificación de las tablas se utilizara la metodología AHP Proceso de Análisis Jerárquico, método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980), esta escala permitira evaluar una serie de alternativas y criterios evaluados por el proyecto, por medio de la escala de Saaty.

ESCALA DE RIESGO	REFERENCION	ESCALA DE COMPARACION	
		ESCALA VERBALE	ESCALA NUMERICA
1-5	1-5	Total indiferencia de ambas	1
		Una de las alternativas es totalmente superior a la otra	3
		Una de las alternativas es superior a la otra	5
		Una de las alternativas es totalmente superior a la otra	7
		Una de las alternativas es superior a la otra	9
2-4	2-4	Una de las alternativas es superior a la otra	2
3-5	3-5	Una de las alternativas es superior a la otra	4
4-5	4-5	Una de las alternativas es superior a la otra	6
5-5	5-5	Una de las alternativas es superior a la otra	8
5-5	5-5	Una de las alternativas es superior a la otra	10

RESULTADOS LOGISTICOS DE SELECCION
ACTIVIDAD POPULACIONAL
ACTIVIDAD DE LA CIUDA
ACTIVIDAD SOCIAL Y ASISTENCIAL (SOCIOS)
ACTIVIDAD VITAL

INTERNACIONALIZACION
Comuna

Las nuevas (2) comunas pertenecientes al municipio de Popayán (alternativas de selección) están registras a cada uno de los 4 criterios seleccionados por el proyecto. Cada criterio será evaluado mediante una matriz de comparación de comunas versus comunas. LUEGO para la primera matriz se pregunta que tan buena es la comuna 1 en comparación con la comuna 2, lo que se debe responder utilizando la escala de Saaty, la cual permite calificar en un rango entre comunas.

Para obtener mayor información sobre los criterios seleccionados por el proyecto por favor copie link y pegarlo en su navegador: <http://www.google.com/search?q=matriz+comparacion+comunas>

Activar Wir

## Anexo 2.

Información  
 ESCALA DE SATTY  
 AYUDA

Criterio	DENSIDAD POBLACIONAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	7	5	7	3	5	7	5	3
Comuna 2	0,1	1,0	3,0	3,0	7,0	5,0	5,0	7,0	7
Comuna 3	0,2	0,3	1,0	3,0	5,0	3,0	3,0	3,0	5
Comuna 4	0,1	0,3	0,3	1,0	7,0	7,0	3,0	5,0	7
Comuna 5	0,3	0,1	0,2	0,1	1,0	3,0	5,0	3,0	1
Comuna 6	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	1,0	5,0	3,0	3
Comuna 7	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	1,0	5,0	5
Comuna 8	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,0	3
Comuna 9	0,3	0,1	0,2	0,1	1,0	0,3	0,2	0,3	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,6952381</b>	<b>9,4952381</b>	<b>10,73333333</b>	<b>14,96190476</b>	<b>24,86666667</b>	<b>24,86666667</b>	<b>29,4</b>	<b>32,33333</b>	<b>35</b>

Información  
 Información  
 ESCALA DE SATTY  
 AYUDA

Criterio	GEOLOGIA DE LA CIUDAD								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	7	1	1	5	7	7	3	7
Comuna 2	0,1	1,0	7,0	7,0	3,0	1,0	1,0	7,0	1
Comuna 3	1,0	0,1	1,0	1,0	5,0	7,0	7,0	3,0	7
Comuna 4	1,0	0,1	1,0	1,0	5,0	7,0	7,0	3,0	7
Comuna 5	0,2	0,3	0,2	0,2	1,0	5,0	5,0	5,0	5
Comuna 6	0,1	1,0	0,1	0,1	0,2	1,0	1,0	7,0	1
Comuna 7	0,1	1,0	0,1	0,1	0,2	1,0	1,0	7,0	1
Comuna 8	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	1,0	7
Comuna 9	0,1	1,0	0,1	0,1	0,2	1,0	1,0	0,1	1
<b>TOTAL</b>	<b>4,104762</b>	<b>11,7619</b>	<b>10,961905</b>	<b>10,961905</b>	<b>19,8</b>	<b>30,142857</b>	<b>30</b>	<b>36,1429</b>	<b>37</b>

Información  
 Información  
 ESCALA DE SATTY  
 AYUDA

Criterio	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	7	1	1	1	3	3	5	7
Comuna 2	0,1	1,0	7,0	7,0	7,0	5,0	7,0	7,0	5
Comuna 3	1,0	0,1	1,0	1,0	5,0	5,0	7,0	7,0	7
Comuna 4	1,0	0,1	1,0	1,0	5,0	1,0	7,0	1,0	5
Comuna 5	1,0	0,1	0,2	0,2	1,0	1,0	7,0	5,0	5
Comuna 6	0,3	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	5,0	5,0	5
Comuna 7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	1,0	1
Comuna 8	0,2	0,1	0,1	1,0	0,2	0,2	1,0	1,0	1
Comuna 9	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1
<b>TOTAL</b>	<b>5,152381</b>	<b>9,114286</b>	<b>10,828571</b>	<b>12,542857</b>	<b>20,54286</b>	<b>16,6</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>37</b>

Información  
 Información  
 ESCALA DE SATTY  
 AYUDA

Criterio	ESTRUCTURA VIAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	7	1	1	1	3	3	5	7
Comuna 2	0,1	1,0	7,0	7,0	7,0	5,0	7,0	7,0	5
Comuna 3	1,0	0,1	1,0	1,0	5,0	5,0	7,0	7,0	7
Comuna 4	1,0	0,1	1,0	1,0	5,0	1,0	7,0	1,0	5
Comuna 5	1,0	0,1	0,2	0,2	1,0	1,0	7,0	5,0	5
Comuna 6	0,3	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	5,0	5,0	5
Comuna 7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	1,0	1
Comuna 8	0,2	0,1	0,1	1,0	0,2	0,2	1,0	1,0	1
Comuna 9	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1
<b>TOTAL</b>	<b>5,152381</b>	<b>9,114286</b>	<b>10,828571</b>	<b>12,542857</b>	<b>20,54286</b>	<b>16,6</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>37</b>

Matriz de comparación de criterios				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
DENSIDAD POBLACIONAL	1	7	7	3
GEOLOGIA DE LA CIUDAD	0,142857143	1	3	7
INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	0,142857143	0,333333333	1	7
ESTRUCTURA VIAL	0,333333333	0,142857143	0,142857143	1
<b>TOTAL</b>	<b>1,619047619</b>	<b>8,476190476</b>	<b>11,14285714</b>	<b>18</b>

## Anexo 3

Información
ESCALA DE SATTY
AYUDA

Criterio	DENSIDAD POBLACIONAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	9	7	9	5	5	7	5	5
Comuna 2	0,1	1,0	5,0	3,0	9,0	7,0	3,0	5,0	9
Comuna 3	0,1	0,2	1,0	3,0	5,0	3,0	3,0	3,0	7
Comuna 4	0,1	0,3	0,3	1,0	7,0	5,0	3,0	5,0	7
Comuna 5	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	3,0	5,0	3,0	1
Comuna 6	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	1,0	5,0	3,0	3
Comuna 7	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	1,0	3,0	5
Comuna 8	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	5
Comuna 9	0,2	0,1	0,1	0,1	1,0	0,3	0,2	0,2	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,3079365</b>	<b>11,431746</b>	<b>14,67619</b>	<b>17,0190476</b>	<b>26,866667</b>	<b>24,866667</b>	<b>27,533333</b>	<b>28,2</b>	<b>43</b>

Información
Información
ESCALA DE SATTY
AYUDA

Criterio	GEOLOGIA DE LA CIUDAD								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	5	5	1	1	1	1	5	9
Comuna 2	0,2	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	1,0	7
Comuna 3	0,2	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	1,0	7
Comuna 4	1,0	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 5	1,0	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 6	1,0	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 7	1,0	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 8	0,2	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,0	1,0	5
Comuna 9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1
<b>TOTAL</b>	<b>5,711111</b>	<b>8,942857</b>	<b>8,9429</b>	<b>15,311111</b>	<b>15,31111</b>	<b>15,31111</b>	<b>15,1111</b>	<b>28,2</b>	<b>65</b>

Información
Información
ESCALA DE SATTY
AYUDA

Criterio	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	5	1	1	1	3	3	1	3
Comuna 2	0,2	1,0	1,0	5,0	5,0	7,0	7,0	5,0	7
Comuna 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	1,0	3
Comuna 4	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	1,0	3
Comuna 5	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	3
Comuna 6	0,3	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	3,0	1
Comuna 7	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	3,0	1
Comuna 8	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0	0,3	0,3	1,0	3
Comuna 9	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	1
<b>TOTAL</b>	<b>6,2</b>	<b>8,028571</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>11,66667</b>	<b>20,33333</b>	<b>22,3333</b>	<b>16,3333</b>	<b>25</b>

Información
Información
ESCALA DE SATTY
AYUDA

Criterio	ESTRUCTURA VIAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	3	5	5	5	5	9	7	3
Comuna 2	0,3	1,0	5,0	3,0	5,0	3,0	9,0	5,0	1
Comuna 3	0,2	0,2	1,0	3,0	7,0	3,0	9,0	3,0	5
Comuna 4	0,2	0,3	0,3	1,0	7,0	3,0	9,0	5,0	3
Comuna 5	0,2	0,2	0,1	0,1	1,0	7,0	9,0	7,0	5
Comuna 6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	1,0	9,0	5,0	5
Comuna 7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	7,0	9
Comuna 8	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	7
Comuna 9	0,3	1,0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,720635</b>	<b>6,377778</b>	<b>12,454</b>	<b>13,120635</b>	<b>25,596683</b>	<b>22,51111</b>	<b>55,254</b>	<b>40,1429</b>	<b>39</b>

Matriz de comparación de criterios				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	AY ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
DENSIDAD POBLACIONAL	1	3	5	1
GEOLOGIA DE LA CIUDAD	0,333333333	1	1	3
INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	0,2	1	1	3
ESTRUCTURA VIAL	1	0,333333333	0,333333333	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,533333333</b>	<b>5,333333333</b>	<b>7,333333333</b>	<b>8</b>

## Anexo 4.

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	DENSIDAD POBLACIONAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Comuna 2	1,0	1,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7
Comuna 3	1,0	0,1	1,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3
Comuna 4	1,0	0,1	0,2	1,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7
Comuna 5	1,0	0,1	0,3	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1
Comuna 6	1,0	0,1	0,3	0,1	1,0	1,0	5,0	3,0	3
Comuna 7	1,0	0,1	0,3	0,1	1,0	0,2	1,0	5,0	3
Comuna 8	1,0	0,1	0,3	0,1	1,0	0,3	0,2	1,0	5
Comuna 9	1,0	0,1	0,3	0,1	1,0	0,3	0,3	0,2	1
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>10,86667</b>	<b>14,714286</b>	<b>23</b>	<b>20,866667</b>	<b>25,533333</b>	<b>28,2</b>	<b>31</b>

Información

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	GEOLOGIA DE LA CIUDAD								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	3	5	3	3	3	3	3	3
Comuna 2	0,3	1,0	3,0	7,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5
Comuna 3	0,2	0,3	1,0	5,0	5,0	7,0	5,0	5,0	5
Comuna 4	0,3	0,1	0,2	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3
Comuna 5	0,3	0,3	0,2	0,3	1,0	5,0	5,0	5,0	5
Comuna 6	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	1,0	5,0	5,0	5
Comuna 7	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	1,0	5,0	7
Comuna 8	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	1,0	7
Comuna 9	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	1
<b>TOTAL</b>	<b>3,533333</b>	<b>5,609524</b>	<b>10,1429</b>	<b>17,6667</b>	<b>15,8</b>	<b>24,6</b>	<b>27,1429</b>	<b>32,1429</b>	<b>41</b>

Información

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	1	5	3	3	5	5	5	1
Comuna 2	1,0	1,0	5,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3
Comuna 3	0,2	0,2	1,0	5,0	7,0	5,0	7,0	5,0	5
Comuna 4	0,3	1,0	0,2	1,0	7,0	3,0	5,0	1,0	5
Comuna 5	0,3	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	3,0	1,0	1
Comuna 6	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	5,0	7,0	1
Comuna 7	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2	1,0	1,0	5
Comuna 8	0,2	0,3	0,2	1,0	1,0	0,1	1,0	1,0	7
Comuna 9	1,0	0,3	0,2	0,2	1,0	1,0	0,2	0,1	1
<b>TOTAL</b>	<b>4,46667</b>	<b>4,866667</b>	<b>12,0857</b>	<b>11,8762</b>	<b>23,533333</b>	<b>23,3429</b>	<b>30,2</b>	<b>24,1429</b>	<b>29</b>

Información

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	ESTRUCTURA VIAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	7	5	7	9	9	7	7	7
Comuna 2	0,1	1,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3
Comuna 3	0,2	0,2	1,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5
Comuna 4	0,1	0,3	0,3	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3
Comuna 5	0,1	0,3	0,2	0,3	1,0	5,0	5,0	5,0	5
Comuna 6	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	5,0	5,0	5
Comuna 7	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	1,0	3,0	3
Comuna 8	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	1,0	3
Comuna 9	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,13651</b>	<b>10,2</b>	<b>12,33333</b>	<b>15,6667</b>	<b>21,8</b>	<b>26,6</b>	<b>29,6667</b>	<b>32,33333</b>	<b>35</b>

Matriz de comparación de criterios				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
DENSIDAD POBLACIONAL	1	1	3	1
GEOLOGIA DE LA CIUDAD	1	1	3	3
INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	0,3333333333	0,3333333333	1	7
ESTRUCTURA VIAL	1	0,3333333333	0,142857143	1
<b>TOTAL</b>	<b>3,3333333333</b>	<b>2,666666667</b>	<b>7,142857143</b>	<b>12</b>

## Anexo 5.

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	DENSIDAD POBLACIONAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	7	5	7	3	5	7	5	3
Comuna 2	0,1	1,0	3,0	3,0	7,0	5,0	5,0	5,0	7
Comuna 3	0,2	0,3	1,0	3,0	5,0	3,0	3,0	3,0	5
Comuna 4	0,1	0,3	0,3	1,0	7,0	7,0	3,0	5,0	7
Comuna 5	0,3	0,1	0,2	0,1	1,0	3,0	5,0	3,0	1
Comuna 6	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	1,0	5,0	3,0	3
Comuna 7	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	1,0	5,0	5
Comuna 8	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,0	3
Comuna 9	0,3	0,1	0,2	0,1	1,0	0,3	0,2	0,3	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,695238</b>	<b>9,552381</b>	<b>10,7333</b>	<b>14,9619</b>	<b>24,8667</b>	<b>24,8667</b>	<b>29,4</b>	<b>30,33333</b>	<b>35</b>

Información

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	GEOLOGIA DE LA CIUDAD								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	7	7	3	3	3	3	7	9
Comuna 2	0,1	1,0	1,0	7,0	7,0	7,0	5,0	1,0	5
Comuna 3	0,1	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	1,0	5
Comuna 4	0,3	0,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 5	0,3	0,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 6	0,3	0,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 7	0,3	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	9
Comuna 8	0,1	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,0	1,0	5
Comuna 9	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,87302</b>	<b>10,829</b>	<b>11</b>	<b>19,311</b>	<b>19,311</b>	<b>19,311</b>	<b>17,1111</b>	<b>30,2</b>	<b>61</b>

Información

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	1	5	7	7	7	7	7	3
Comuna 2	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1
Comuna 3	0,2	0,3	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	7
Comuna 4	0,1	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3
Comuna 5	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5
Comuna 6	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5
Comuna 7	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5
Comuna 8	0,1	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3
Comuna 9	0,3	1,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	1
<b>TOTAL</b>	<b>3,24762</b>	<b>5</b>	<b>11,4762</b>	<b>16,3333</b>	<b>18,2</b>	<b>18,2</b>	<b>18,2</b>	<b>18,3333</b>	<b>33</b>

Información

Información

ESCALA DE SATTY

AYUDA

Criterio	ESTRUCTURA VIAL								
	Comuna 1	Comuna 2	Comuna 3	Comuna 4	Comuna 5	Comuna 6	Comuna 7	Comuna 8	Comuna 9
Comuna 1	1	3	5	7	7	5	9	7	5
Comuna 2	0,3	1,0	5,0	5,0	5,0	3,0	9,0	7,0	1
Comuna 3	0,2	0,2	1,0	3,0	7,0	3,0	9,0	3,0	5
Comuna 4	0,1	0,2	0,3	1,0	7,0	3,0	9,0	5,0	3
Comuna 5	0,1	0,2	0,1	0,1	1,0	7,0	9,0	7,0	5
Comuna 6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	1,0	7,0	5,0	5
Comuna 7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	7,0	9
Comuna 8	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	5
Comuna 9	0,2	1,0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,47302</b>	<b>6,1873</b>	<b>12,454</b>	<b>17,1206</b>	<b>27,597</b>	<b>22,543</b>	<b>53,254</b>	<b>42,2</b>	<b>39</b>

Matriz de comparación de criterios				
	DENSIDAD POBLACIONAL	GEOLOGIA DE LA CIUDAD	INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	ESTRUCTURA VIAL
DENSIDAD POBLACIONAL	1			
GEOLOGIA DE LA CIUDAD	0,142857143	1		
INFRAESTRUCTURA Y ANTECEDENTES SISMICOS	0,2		1	
ESTRUCTURA VIAL	0,333333333	0,333333333		1
<b>TOTAL</b>	<b>1,676190476</b>	<b>9,333333333</b>	<b>8</b>	<b>8</b>